Amatérské RADIO

ŘADA B
PRO KONSTRUKTÉRY

ČASOPIS
PRO RADIOTECHNIKU
A AMATÉRSKÉ VYSÍLÁNÍ
ROČNÍK XXV/1976 ČÍSLO 3

V TOMTO SEŠITĚ

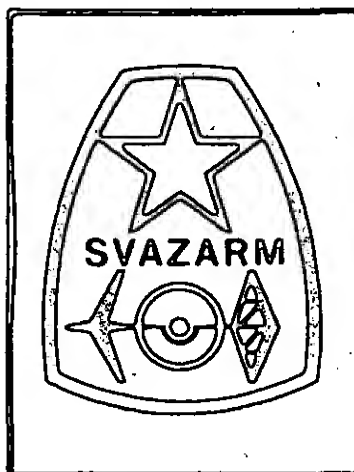
Na titulní straně jsou přístroje, jejichž stavba je popisována v tomto čísle AR B. Kapitola s popisem měřicích přístrojů pro kvadrofonii bude v příštím čísle AR B, tj. v č. 4.

AMATÉRSKÉ RADIO ŘADA B

Vydává ÚV Svazarmu ve vydavatelství Magnet, Vladislavova 26, PSČ 113 66 Praha 1, telefon 26 06 57-1. Šéfredaktor ing. F. Smolík, zástupce Luboš Kalousek. Redakční rada: K. Bartoš, V. Brzák, K. Donát, A. Glanc, I. Harminc, L. Hlinský, P. Horák, Z. Hradiský, ing. J. T. Hyan, ing. J. Jaroš, ing. F. Králík, prom.fyz. L. Kryška, ing. J. Navrátil, K. Novák, ing. O. Petráček, L. Tichý, ing. J. Vackář, CSc., laureát st. ceny KG, ing. J. Zíma, J. Ženíšek, laureát st. ceny KG. Redakce Jungmannova 24, PSČ 113 66 Praha 1, telefon 26 06 51-7, šéfred. linka 354, redaktoři l. 353. Ročně vyjde 6 čísel. Cena výtisku 5 Kčs, celoroční předplatné 30 Kčs. Rozšiřuje PNS, v jednotkách ozbrojených sil vydavatelství Magnet, administrace Vladislavova 26, Praha 1. Objednávky přijímá každá pošta i doručovatel. Dohlédací pošta Praha 07. Objednávky do zahraničí vyřizuje PNS, vývoz tisku, Jindrišská 14, Praha 1. Tiskne Naše vojsko, n. p., závod 08, 162 00 Praha 6-Liboc, Vlastina 710. Inzerci přijímá vydavatelství Magnet, Vladislavova 26, PSČ 113 66 Praha 1, telefon 26 06 51-7, linka 294. Za původnost a správnost příspěvku ručí autor. Návštěvy v redakci a telefonické dotazy pouze po 14. hodině. Číslo indexu 46043-1.

Toto číslo vyšlo 14. května 1976

Perspektivy radioamatérské činnosti ve Svazarmu



Často se mluví o tom, že jedním z významných faktorů dalšího rozvoje vyspělé socialistické společnosti a jedním z předpokladů budování komunismu je vědeckotechnická revoluce, jejíž nejkladnější stránky se mohou plně uplatnit ve společnosti, která odstranila vykořisťování člověka člověkem. Že tato věta není pouze prázdnou frází, dokazují jednání jak XXV. sjezdu KSSS, tak XV. sjezdu KSČ.

Domnívám se, že neuškodí, připomeneme-li si v této souvislosti několik faktů především ze sjezdu KSSS, jehož význam daleko přesáhl hranice Sovětského svazu a jehož závěry se setkaly s nadšeným souhlasem všech pokrokových sil světa. Co vlastně bylo pro jednání sovětských komunistů nejcharakterističtější? K co nejstručnější a nejvýstižnější odpovědi na tuto otázku lze použít závěrečné slovo, které pronesl soudruh L. I. Brežněv jako ocenění průběhu diskuse k zprávě o činnosti ústředního výboru strany. Generální tajemník ÚV KSSS řekl, že jedním z nejpozoruhodnějších jevů v průběhu diskuse je podpora, s níž se ve všech příspěvcích delegátů setkala orientace ÚV KSSS na budoucnost. Tuto skutečnost si lze ověřit v každém řádku referátu ze sjezdu, v každé kapitole zprávy A. N. Kosygina o hlavních směrech rozvoje národního hospodářství SSSR, v každém ze schválených dokumentů.

Sovětští komunisté po zásluze ocenili především obrovský rozmach, jímž prošel Svaz sovětských socialistických republik v uplynulých pěti letech. Podle slov L. I. Brežněva dějiny země dosud nepoznaly tak rozsáhlý společenský program, jaký byl splněn za období od roku 1971. Právě v tomto splněném programu se průkazně vyjevuje smysl veškeré práce sovětského lidu i usměrňující a organizátorské práce komunistické strany.

XXV. sjezd současně vyjádřil zásadní stanovisko i k těm otázkám, které ještě nejsou dořešeny, a spolu s novými úkoly soustředil pozornost na odstranění příčin zatím ne zcela překonaných problémů a nedostatků. Opět také tímto způsobem dokumentoval všestrannou vyspělost sovětských komunistů a obrovskou morální sílu celé sovětské společnosti. Jak zdůraznil ve své zprávě A. N. Kosygin, právě *„ekonomika vyspělé socialistické společnosti se svým mohutným výrobním a vědeckotechnickým potenciálem umožňuje stále lépe využívat předností a možností socialistického zřízení“*.

Ptáme-li se tedy, která zkušenost z jednání sjezdu sovětských komunistů patří také v československých podmínkách k nejpodstatnějším, pak je to v první řadě samotná metoda hodnocení vykonané práce – smysl pro posuzování života země v celém jeho komplexu, v němž má své místo nejenom zdůraznění dosažených úspěchů, ale i kvalifikovaná kritika nedostatků.

Pomalu se tedy dostáváme k hlavnímu tématu – perspektivám radioamatérské činnosti ve Svazarmu. Abychom si ještě blíže ujasnili charakter doby, v níž žijeme (neboť to je bezpodmínečně nutné k tomu, abychom se v ní mohli orientovat), vybral jsem k ilustraci několik citátů ze zprávy ÚV KSSS na XXV. sjezdu, z nichž okamžitě vyplynou hlavní směry vývoje a charakteristika současnosti a nejbližší budoucnosti.

„Prvořadým úkolem zůstává urychlení vědeckotechnického pokroku. Jeho význam, jak si vzpomínáte, velmi rozhodně zdůraznil XXIV. sjezd KSSS. My komunisté vycházíme z toho, že jedině za socialismu se obrací vědeckotechnická revoluce správným směrem, odpovídajícím zájmům člověka a společnosti. Jedině na základě urychleného rozvoje vědy a techniky mohou být zase splněny konečné úlohy sociální revoluce – vybudována komunistická společnost.“

„Revoluce ve vědě a technice vyžaduje pronikavé změny ve stylu a metodách hospodářské činnosti, rozhodný boj proti zkostnatělosti a rutinérství, skutečnou úctu k vědě, schopnost a vůli radit se s ní a počítat s ní.“

„Úspěch vědeckotechnické revoluce a její blahodárný vliv na ekonomiku a na všechny stránky života společnosti nemůže zajistit pouze úsilí vědeckých pracovníků. Stále důležitější je zapojovat do tohoto historického procesu všechny účastníky výroby a všechny články hospodářského mechanismu.“

„Právem se říká, že není nic praktičtějšího, než dobrá teorie. Dobře víme, že široký proud vědeckotechnického pokroku vyschne, nebude-li trvale živen základním výzkumem.“

Tuto základní charakteristiku doby podtrhl i XV. sjezd KSČ.

Před časem jsme v AR uveřejnili interview o perspektivách elektroniky – z něho i z časově pozdějších zpráv a usnesení jednoznačně vyplývá, že jedním z nejperspektivnějších oborů národního hospodářství je elektronika, bez jejíž pomoci by se asi nikdy nedosáhlo cílů, které před nás vedoucí síla naší společnosti – strana – postavila na svém historickém XV. sjezdu. Dynamika růstu elektronického průmyslu je neobyčejná a nemá v historii obdoby; její dosah lze objevit dnes prakticky ve všech ostatních výrobních odvětvích, a nejen tam, je též nezbytnou součástí zvyšování bojeschopnosti a obranyschopnosti všech ozbrojených složek. Přitom rozvoj národního hospodářství vyžaduje, aby se slaboproudá technika a elektronika rozvíjely ještě dynamičtějšími tempy než dosud. Předpokládaný nárůst výroby zboží v šesté pětiletce se pouze u podniků TESLA bude pohybovat kolem 174 %, přičemž se počítá s jeho zabezpečením především růstem společenské produktivity práce (z 92 %), která může být podnícena iniciativou lidí, jejich kvalifikací, poměrem k práci atd.

Jednou jsem po delší době potkal jednoho svého přítele, který na obligátní otázku po tom, jak se má, odpověděl stručně: dobře, neboť mám za zaměstnání koníčka a koníčkem je mi zaměstnání. Touto větou zcela jednoznačně určil svůj vztah k práci, takový vztah by měl mít každý, pak by jistě odpadlo mnoho různých problémů. Tento vztah k práci se snaží propagovat a k němu vychovávat i redakce AR svými časopisy, navíc chce propagovat úspěšnou práci některých organizací Svazarmu v tomto směru. A do budoucna – jedinou správnou perspektivou radioamatérské činnosti ve Svazarmu je perspektiva, kterou před námi všemi vytyčila jednání sjezdů, o nichž byla řeč v úvodu článku.

KVADROFONIE

Ing. Petr Kellner

1. Úvod

Jestliže sledujeme vývoj záznamu a reprodukce zvuku od jeho prvých počátků až po dnešní dobu, pak můžeme pozorovat neustálou snahu o technické zlepšování jeho parametrů. Je to např. kmitočtový rozsah, dynamika, velikost zkreslení apod. Všechny tyto parametry dnes dosáhly již hranice, kterou bude možno jen s velkými obtížemi ještě posunout dále. Ve většině parametrů to ani nemá praktický význam, protože již dnes přesahují možnost vnímání. Jednou z výjimek je snad ještě dynamika, protože každý záznam má neoddělitelnou složku základního šumu, další výjimkou je způsob konečného vnímání zvuku, tedy forma jeho reprodukce. K potlačení té šumové úrovně, která i na nejmodernějších záznamech dosud zbyla, byly vyvinuty nejrůznější systémy počínaje DNL, Dolby B až po studiové Dolby A. Nejlepší z těchto systémů skutečně posunuly úroveň zbytkového šumu a hluku pod práh poznatelnosti.

My se však budeme zabývat spíše otázkou formy reprodukce zvuku. Dávnou snahou všech konstruktérů reprodukčních zařízení bylo zlepšit reprodukci z jediného reproduktoru, tedy v podstatě reprodukci bodovou, a nahradit ji přinejmenším reprodukcí plošnou. Zvětšit počet reprodukujících soustav a umístit je vedle sebe tento problém nemohlo vyřešit. I když umístíme do dvou rohů jedné stěny místnosti dvě reproduktorové soustavy a budeme je napájet shodným signálem, budeme-li od obou stejně vzdáleni, uslyšíme zvuk přicházet ze středu mezi oběma soustavami. Bylo tedy jasné, že při ponechání jediné informace zvětšení počtu reprodukujících soustav nic nevyřeší. To byl počátek vývoje stereofonního záznamu a reprodukce zvuku. Teoretický ideální stav by byl umístit v nahrávacím studiu řadu mikrofonů a v reprodukčním prostoru pak identickou řadu reproduktorů, přičemž signál, zachycený mikrofonem v určitém místě, by se přiváděl pouze k reproduktoru ve stejném místě. Tento způsob ovšem narážel na základní potíže, neboť takové množství informací nebylo možno nahrát současnými záznamovými metodami a cena podobného zařízení by byla rovněž neúnosná. Stereofonie se nakonec zjednodušila do dvoukanálové verze, která je sice nejlevnější, ale také přináší řadu nedostatků. Především ten, že posluchač musí být za všech okolností stejně vzdálen od obou reprodukujících soustav. Jestliže tato podmínka není splněna, pak se převaha zvukové informace posouvá ve směru té soustavy, ke které je blíž, a celý stereofonní dojem mizí a blíží se monofonnímu. Aby se tento neodstranitelný fyzikální jev potlačil, nahrává řada firem své gramofonové desky způsobem, označovaným v technickém žargonu jako „pingpongová nahrávka". Znamená to, že určité nástroje hrají pouze v pravém kanálu. Střed (tj. shodná informace v obou kanálech) bývá záměrně potlačen, aby vynikla směrovost, i když posluchač nezaujme optimální místo. Stereofonie získala během několika let téměř absolutní převahu nad jednokanálovými reprodukčními systémy – alespoň v oblasti Hi-Fi. Bylo by ovšem omylem tuto skutečnost vysvětlovat pouze a výhradně jejím technickým přínosem. Mnoho okolností totiž jejímu masovému rozšíření napomáhalo. Především náklady – a to nejen pořizovací, ale i provozní. Začátek rozvoje stereofonie byl poznamenán prudkou expanzí polovodičové techniky, která se projevila především v daleko racionálnější metodice výroby. Dvoukanálový zesilovač byl jen o málo dražší než dřívější jednokanálový, osazený elektronkami. Zde máme pochopitelně na mysli výrobní relace. Gramofonová deska se stereofonním záznamem byla jako výsledný produkt zcela shodná s deskou, nesoucí monofonní záznam a v podstatě totéž platilo o domácích magnetofonech, kde čtyřstopý stereofonní záznam (který v té době spatřil světlo světa) byl provozně stejně nákladný, jako dotehdy používaný jednokanálový půlstopý záznam. Přidalo-li se dostatečné množství reklamy, nestálo tedy v podstatě suverénnímu rozvoji stereofonie nic v cestě.

Ačkoli bylo reklamou hlásáno, že stereofonie znamená dokonalý prostorový akustický vjem, že přenáší posluchače přímo do koncertního sálu – zůstalo bohužel pouze u těchto propagačních hesel. Je nesporné, že určité kvalitativní přednosti stereofonní reprodukce zvuku přinesla. Je si však třeba také uvědomit, že většina nových majitelů těchto zařízení nezměnila a ani nemohla změnit poslechový prostor. V různých časopisech se občas objevují úvahy na téma poslechového prostoru a umístění reprodukčního zařízení. Aniž by se jejich autoři chtěli dotknout něžného pohlaví, většina těchto úvah se shoduje v tom, že rozhodující slovo při volbě, velikosti i umístění reprodukčního zařízení – a často i zařízení celé poslechové místnosti – určují právě ženy.

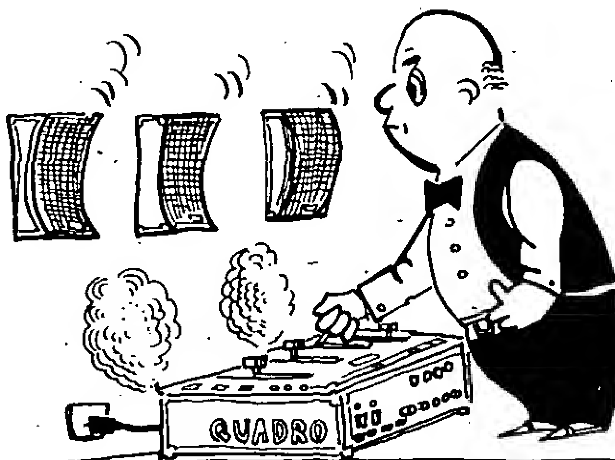
Přitom je však zcela jasné, že posloucháme-li, např. v podmínkách standardního „obýváku", varhanní koncert, těžko se nám podaří dosáhnout dojmu z poslechu v chrámu svatého Víta.

Z výčtu těchto skutečností tedy vycházejí snahy o trvalé vylepšování stávajícího stavu reprodukce. Jak jsme si již v úvodu řekli, technika záznamu i reprodukce dosáhla v současné době téměř nejvyšší hranice. Těžiště zájmu se proto soustředilo na hledání nových základních způsobů, které by zlepšily výsledný dojem z reprodukce. Začalo to v podstatě tak, že se ze základního stereofonního signálu uměle vytvářely součtové a rozdílové složky a ty se pak jako doplňkové informace vedly ke dvěma přídavným reproduktorům, umístěným v zadních rozích místnosti. Tyto systémy, které bývají všeobecně označovány jako pseudokvadrofonní, mají za účel zlepšit dojem ze stereofonní reprodukce. Byla tu tedy snaha zvětšit počet informací – alespoň v horizontální rovině, když již nikoli prostorově – tak, aby se potlačil nepříznivý vliv poslechové místnosti. Kromě toho přenos horizontálně vícesměrové informace umožňuje další, stereofonií neuskutečnitelné zážitky, neboť i ve skutečnosti k nám přicházejí zvuky ze všech stran. Této skutečnosti je pak možno pomocí této nové reprodukční techniky využívat, např. při rozhlasových hrách. Je si třeba ovšem uvědomit, že jde především o efekt, protože výraznější hudební složka v zadních reprodukčních soustavách by v nás mohla vyvolat velmi pochybený dojem, že se nalézáme nikoli v hledišti, ale mezi orchestrem a stejný dojem bychom mohli mít při rozhlasové hře, v níž bychom si mohli připadat jako účinkující. Je tedy mimořádně důležité, aby záznamy pro tento nový druh reprodukční techniky byly voleny tak, aby bylo dosaženo přínosu a nikoli levného nicneříkajícího efektu – který však, jak jsme se přesvědčili v počátcích stereofonie – byl v mnoha případech nejvíce obdivován a ceněn.

Počet reprodukčních cest – informací – se tedy vývojem ustálil na čtyřech, neboť větší počet je i při dnešní technice neúnosný ze stejných důvodů, jako při zavádění stereofonního způsobu reprodukce zvuku. Je však nesporné, že toto zdvojnásobení počtu přenášených informací (na čtyři) přináší značné problémy jak při záznamu na gramofonovou desku, tak i v rozhlasovém přenosu. Nejmenší potíže se prozatím vyskytují pouze u magnetofonového záznamu, neboť při tzv. diskrétním přenosu (všechny informace v samostatném kanálu) lze využít běžného magnetofonového pásku a nahrát čtyři stopy pod sebou.

Způsob záznamu a reprodukce zvuku, u něhož se používají čtyři reproduktory umístěné ve vrcholech čtverce nebo obdélníku, z tohoto způsobu odvodil i svůj název – kvadrofonie. V jejích počátcích, tj. začátkem sedmdesátých let, se vyrojila celá řada různých systémů a celá situace se stala dosti nepřehlednou. Postupem doby a vývojem se problémy značně zjednodušily a v současné době se celosvětově používají asi čtyři systémy. Stále však nedošlo k normalizaci určitého systému ani v národním, natož v mezinárodním měřítku. To je jeden ze základních problémů kvadrofonie, protože při začátcích vývoje stereofonie byl nejen znám, ale také přijat celosvětově systém jak pro výrobu gramofonových desek, tak i pro rozhlasové vysílání.

Z toho tedy vyplývá, že situace uživatele a tedy i amatéra, který se rozhoduje pro stavbu kvadrofonního zařízení, není právě růžová. O nic lépe na tom nejsou ani ti, kteří se zabývají propagací a prodejem kvadrofon-



ních zařízení. Hovořilo-li se asi před rokem doslova o krachu kvadrofonie, bylo to způsobeno podstatně menším odbytem těchto zařízení, než se výhledově předpokládalo. Kvadrofonní zařízení je nutně podstatně dražší než stereofonní, protože je podstatně složitější. Dalším důvodem je poměrně malý počet kvadrofonních gramofonových desek na trhu. Celosvětově se počet titulů odhaduje asi na 1500 až 2000. To je proti stereofonním deskám procento zcela zanedbatelné. Kromě toho existuje velmi mnoho těch, kteří tvrdí, že kvadrofonie nic podstatného nepřináší, a že je tedy zbytečná. Odpověď na tuto otázku bude muset dát až budoucnost, kdy se spolehlivě prokáže, je-li kvadrofonie skutečně pouze módní záležitostí, nebo technickým přínosem. Mnoho příznaků však již dnes nasvědčuje tomu, že v žádném případě nedojde k jejímu lavinovitému rozšíření tak, jak tomu bylo u stereofonie v jejích začátcích. Je jisté, že vzhledem k velmi vysoké pořizovací ceně kvadrofonního zařízení bude mnoho těch, kteří si budou chtít postavit zesilovače a dekodéry sami a vyzkoušet tuto novou techniku s podstatně menšími pořizovacími náklady.

2. Kvadrofonní systémy

Dříve než začneme popisovat konstrukci jednotlivých prvků kvadrofonního reprodukčního zařízení, musíme se seznámit s jejími principy a používanými systémy. Bez těchto znalostí bychom mnohá zapojení pravděpodobně těžko pochopili. Je samozřejmé, že nebudeme probírat všechny kvadrofonní systémy, které existovaly, protože velká většina jich již zanikla a nemělo by smysl se jimi zabývat. Bude proto vhodné zaměřit se pouze na systémy současně používané, anebo perspektivní. Z téhož důvodu se nebudeme vůbec zabývat rozhlasovým přenosem kvadrofonního signálu, který je zatím zcela v začátcích. V současné době je hlavním zdrojem kvadrofonních programů gramofonová deska a na její reprodukci tedy v dalším zaměříme svou pozornost. Proto se také návody na stavbu i popisy kvadrofonních systémů budou týkat především gramofonového záznamu. Jedna stať bude věnována magnetofonovému záznamu a reprodukci kvadrofonního signálu, protože magnetofony, upravené (i neupravené) pro kvadrofonní záznam, umožňují záznam i reprodukci pořadů, pořízených téměř všemi kvadrofonními systémy, vyvinutými pro gramofonové desky.

2. 1. Rozdělení kvadrofonních systémů

Jak bylo již v úvodu řečeno, ve všech současných kvadrofonních systémech se ustálilo rohové umístění reproduktorů s tzv. přední bází a analogickou zadní bází. Příklad takového rozmístění je na obr. 1.

Při obecném rozdělení systémů bude vhodné vycházet z celkového počtu přenosových cest a způsobu jejich zakódování. Obvykle se vychází ze skutečnosti, že základní signál je čtyřkanálový, stejně jako signál na výstupní straně zařízení, určený pro reproduktory. Jestliže je přenosová cesta pouze dvoukanálová, označuje se takový systém 4–2–4. Jestliže je čtyřkanálová, označuje se 4–4–4 a podobně. Pseudokvadrofonní reprodukce by tedy byla označena symbolem 2–2–4. Kromě čtyřkanálového magnetofonu nepřenáší ani jeden ze současných kvadrofonních systémů původní čtyřkanálový signál bez kódování. Způsob kódování lze vždy vyjádřit soustavou lineárních rovnic. Rozdíly mezi jednotlivými kvadrofonními systémy můžeme pak stanovit podle toho, zda tato soustava má anebo nemá na straně posluchače jednoznačné řešení. Počet rovnic soustavy je určen počtem přenosových cest. Za neznámé v těchto rovnicích považujeme čtyři původní kvadrofonní signály. Pro jednoznačné řešení čtyř neznámých je tedy vždy nutná soustava čtyř lineárních rovnic. Odpovídá to přenosovému systému 4–4–4, který se nazývá přenosem diskrétním. Má-li přenosová soustava menší počet rovnic, není samozřejmě řešení jednoznačné, což se v praxi projeví jako přeslechy mezi jednotlivými kanály. K těm ovšem dochází nikoli z důvodů technické nedokonalosti použitého reprodukčního zařízení, ale přímo z principu kódování a dekódování. Pro kvadrofonii se v praxi používají dvě nízkofekvenční přenosové cesty – podobně jako ve stereofonii – a tyto systémy s označením 4–2–4 jsou nazývány maticové.

Zvláštní skupinu tvoří systémy, u nichž jsou signály rovněž zakódovány způsobem 4–2–4, avšak kromě dvou zakódovaných signálů jsou u nich přenášeny ještě další signály, jejichž smyslem je potlačit přeslechy, vzniklé v dekodéru. Tak může být dosaženo výsledků shodných s výsledky u systémů diskrétních. Všechny uvedené systémy mají určité výhody i nevýhody a bude o nich pojednáno v následujících odstavcích. Ještě před tím se však seznámíme s jednotným označováním kvadrofonních kanálů. Věříme, že nebude velkým prohřeškem proti českému jazyku, zachováme-li původní anglické označování. Zlepší to srovnání a přehled při případném dalším studiu zahraniční literatury.

Základní signály jsou označovány takto:
L_F – levý přední signál,
R_F – pravý přední signál,
L_B – levý zadní signál,
R_B – pravý zadní signál.

Původní signály se označují znaky, které jsme uvedli, naproti tomu signály po zakódování a opětném dekódování se označují týmiž znaky, avšak doplněnými čárkou. Výsledný pravý přední signál se tedy značí R'_F a ostatní analogicky. Kromě těchto signálů se též často hovoří o signálech středových, to jsou signály tzv. fantomových zdrojů mezi jednotlivými dvojicemi reproduktorů:
C_F – střední přední signál (mezi L_F a R_F),
C_B – střední zadní signál (mezi L_B a R_B),
C_R – střední pravý signál (mezi R_F a R_B),
C_L – střední levý dignál (mezi L_F a L_B).
Rozmístění skutečných i fantomových zdrojů signálu je na obr. 2.

Nakonec je ještě třeba uvést označení zakódovaných signálů u systémů 4–2–4. Ty se označují:
L_T – levý zakódovaný signál,
R_T – pravý zakódovaný signál.

2. 2. Systém CD-4

Jak jsme se již v úvodu zmínili, ideálním způsobem přenosu všech čtyř kvadrofonních signálů je přenos čtyřmi kanály, tedy diskrétní systém. Řekli jsme též, že se v tomto příspěvku budeme zabývat pouze těmi systémy kvadrofonie, které jsou používány při výrobě gramofonových desek. Systém CD-4 je v současné době jediným představitelem diskrétní kvadrofonie, který nalezl uplatnění na gramofonových deskách. Byl vyvinut ve spolupráci firem Radio Corporation of America (RCA) a Japan Victor Company (JVC) a po počátečních velkých problémech a potížích byl nakonec řadou úprav doveden ke značné dokonalosti.

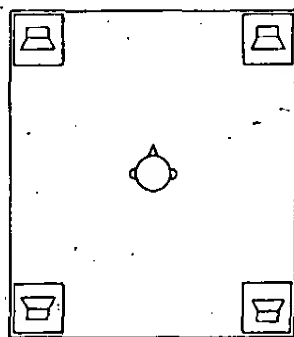
Abychom systém CD-4 lépe pochopili, vysvětlíme si nejprve jeho základní princip a teprve pak se pokusíme objasnit problémy jeho záznamu i reprodukce. V zásadě je podobný rozhlasovému přenosu kmitočtově modulovaného sterofonního signálu. Čtyři základní signály se nejprve jednoduchým obvodem upraví na součtové a rozdílové signály podle následujících vztahů:

1. $L_F + L_B$;
2. $R_F + R_B$;
3. $L_F - L_B$;
4. $R_F - R_B$.

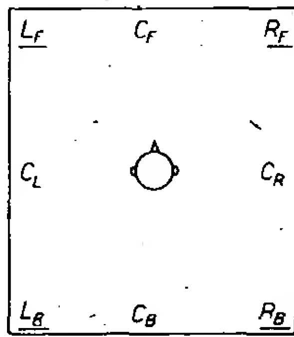
Tyto signály jsou pak zaznamenány na desku tak, že součtové signály jsou zaznamenány běžným způsobem nízkofrekvenčně, což umožňuje dosáhnout potřebné slučitelnosti se stereofonní reprodukcí. Rozdílové signály jsou modulovány na pomocný kmitočet 30 kHz a jsou superponovány na základní nízkofrekvenční signál. Zaznamenané spektrum výsledného signálu v obou stěnách drážky je na obr. 3. Reprodukujeme-li takto nahranou desku běžnou stereofonní přenoskou, dostáváme v jednom kanálu $L_F + L_B$ a ve druhém $R_F + R_B$. To umožňuje zajistit z této kvadrofonně nahrané desky v tomto případě stereofonní reprodukci dvěma kanály. Jestliže však pro reprodukci použijeme zvláštní přenosku s kmitočtovým rozsahem asi do 50 kHz a na výstupu demodulujeme signál pomocného nosného kmitočtu, dostaneme kromě součtových i rozdílové signály, které po průchodu maticovým obvodem umožní dekódovat zpět čtyři původní signály:

$L_F + L_B + (L_F - L_B) = 2L_F$,
$L_F + L_B - (L_F - L_B) = 2L_B$,
$R_F + R_B + (R_F - R_B) = 2R_F$,
$R_F + R_B - (R_F - R_B) = 2R_B$.

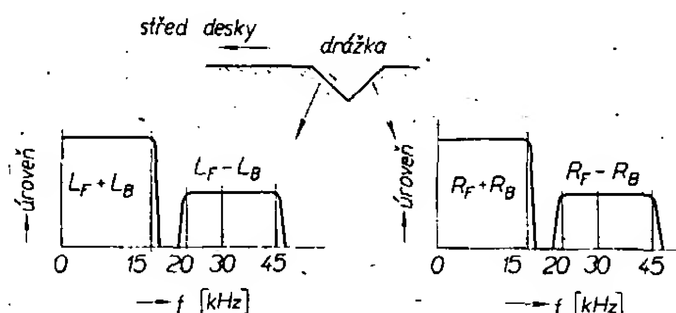
Tento systém je tedy v zásadě diskrétní a (čistě teoreticky vzato) by mezi jednotlivými signály neměly být přeslechy.



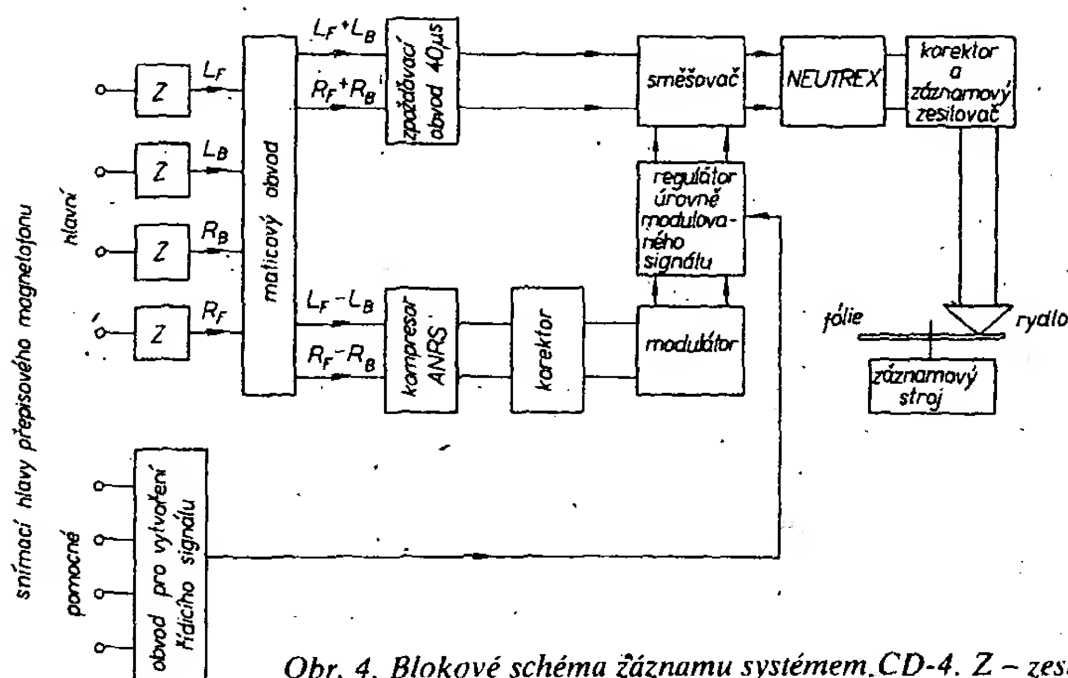
Obr. 1. Standardní rozmístění reproduktorů vzhledem k posluchači při kvadrofonní reprodukci



Obr. 2. Rozmístění skutečných a fantomových zdrojů signálu v poslechovém prostoru. Skutečné zdroje jsou označeny podtržením



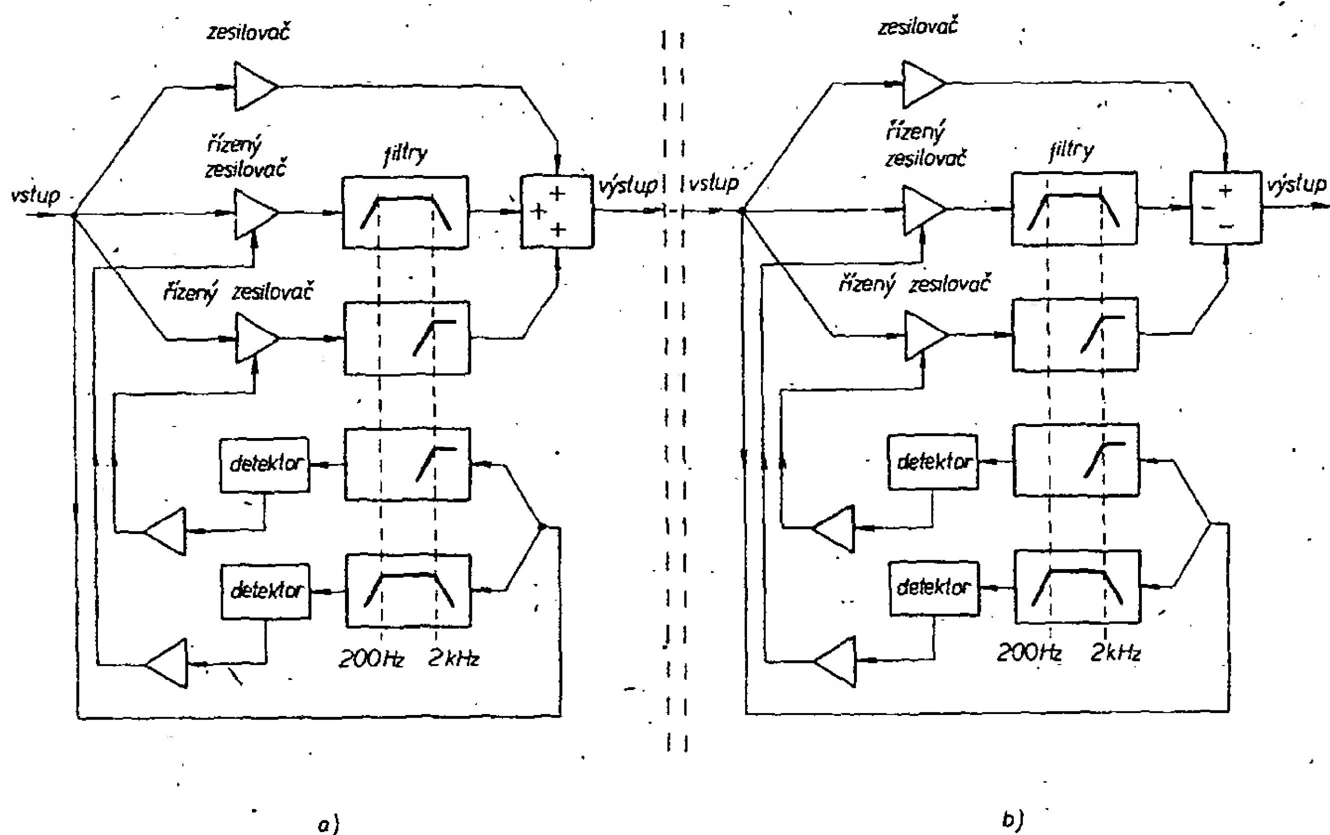
Obr. 3. Kmitočtová pásma v obou stěnách drážky desky CD-4



Obr. 4. Blokové schéma záznamu systémem CD-4. Z – zesilovač

Způsob záznamu CD-4 si nejlépe vysvětlíme na blokovém schématu na obr. 4. Základní čtyřkanálová informace se nejprve v maticových obvodech upraví na součtové a rozdílové signály. Aby byla zaručena potřebná kompatibilita se stereofonním systémem, součtové signály se dále nijak neupravují. Aby však byl zaručen jejich optimální vztah k rozdílovým signálům, které jsou poměrně složitě upravovány, jsou součtové signály uměle zpožděny asi o 40 µs. Rozdílové signály přicházejí nejprve do obvodu ANRS (Automatic Noise Reduction System). Tento obvod má za úkol zmenšit dynamický rozsah zaznamenávaných signálů až o 15 dB, aby se zlepšil odstup. Tento kompresor dynamiky je (obr. 5) poměrně složitý a signál je v něm

důvodů. Za prvé proto, aby šířka přenášeného pásma byla co nejužší. Na horním okraji pásma z toho důvodu, aby již tak velké nároky kladené na přenos vysokých kmitočtů u mechanického záznamu zvuku nebyly zbytečně zvětšovány a aby nejvyšší přenášený kmitočet nepřesáhl asi 45 kHz. Na dolním okraji pásma opět z toho důvodu, aby modulační spektrum nezasahovalo až do pásma, v němž je přenášen součtový signál – mohly by tak vznikat nepříjemné zázněje. Dolní kmitočet uvedeného spektra nesmí být proto nižší než asi 20 kHz. Druhým důvodem je zlepšit odstup rozdílových signálů od hluku a šumu. Změna způsobu modulace, tedy modulačního indexu, má za následek, že rozdílový signál je zaznamenáván s preemfá-



Obr. 5. Blokové schéma systému ANRS; a – záznamová část, kompresor, b – reprodukční část, expander

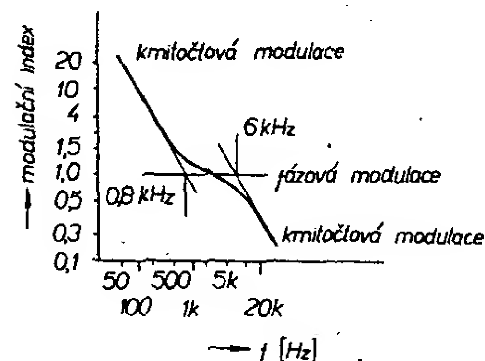
rozdělen do tří samostatných pásem. Do 200 Hz se signál neupravuje, první komprimované pásmo leží v oblasti 200 až 2000 Hz, druhé pak mezi 2 kHz až 20 kHz. Takto upravený rozdílový signál je veden na modulátor, který jej namoduluje na pomocný nosný kmitočet 30 kHz. Tato modulace je do 800 Hz kmitočtová, nad 800 Hz fázová. Tento zdánlivě složitý způsob modulace spočívá však ve skutečnosti pouze ve změně indexu u kmitočtové modulace a je použit ze dvou

zí, tedy obdobně jako u kmitočtově modulovaného rozhlasového vysílání. Průběh preemfáze v závislosti na kmitočtu je na obr. 6. Jestliže na výstupní straně bude použit obvod s inverzním průběhem oproti průběhu preemfáze (obr. 6), bude v pásmu nad 1 kHz přenosová charekteristika obvodu klesat a to způsobí značné potlačení šumu. Tak se dosáhne citelného zlepšení kvality reprodukce. Takto upravený kmitočtově modulovaný signál je pak dále veden do obvodu řízení úrovně. Tento obvod je ovládán z přepisového magnetofonu sadou hlav, které jsou umístěny před reprodukčními hlavami. Jedná se v principu o shodný obvod, jaký se používá pro řízení vzájemné rozteče drážek při nahrávání gramofonových desek, aby bylo možno maximálně využít plochy desky pro dosažení co nejdelší hrací doby. Na obr. 4 není zakreslen obvod pro řízení rozteče drážek, v praxi je však vždy použit.

Za regulátorem úrovně následuje slučovací obvod, v němž se ze součtového a rozdílového signálu vytváří úplný signál jednoho kanálu se šířkou pásma asi 20 až 45 000 Hz. Odtud se tento úplný signál dostává do dalšího obvodu, který se nazývá Neutrex. Účelem tohoto obvodu je upravit předem zaznamenávaný signál takovým způsobem, aby při jeho reprodukci bylo výsledné zkreslení co nejmenší. Jedná se v principu o zařízení velmi podobné tomu, které se pod názvem Dynagroove, Royal Sound apod. používá celkem běžně při nahrávání stereofonních desek. Protože při reprodukci gramofonových desek dochází fyzikálními principy snímání k určitým zkreslením, zavádí toto doplňkové zařízení do zaznamenávaného signálu jakési „předzkreslení". To znamená signál, který má takový průběh, aby uvedená zkreslení – která ovšem vzniknou až při přehrávání desky – kompenzoval. Je třeba upozornit, že se jedná o velmi složitá a nákladná zařízení. Takto upravený a „předzkreslený" signál je přes obvody, upravující kmitočtovou charakteristiku normovaným způsobem (obdobně jako u stereofonního záznamu) veden do záznamové řezací hlavy a zaznamenáván na fólii.

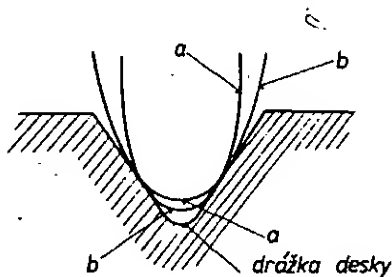
Při výrobě fólie však vzniká další problém. Současné záznamové hlavy nejsou schopny zaznamenat signály vyšších kmitočtů, než asi 30 kHz, zatímco tento systém vyžaduje 45 kHz. Problém je tedy nutno obejít tak, že při záznamu na fólii používáme poloviční rychlost otáčení záznamového stroje. Ve stejném poměru je samozřejmě nutno zmenšit i rychlost posuvu u přepisového magnetofonu. V tomto uspořádání bude nejvyšší přenášený kmitočet asi 22 kHz, takže moderní záznamové stroje jej bez potíží zaznamenají. Další výrobní postup je již zcela shodný jako při výrobě stereofonních desek. Vzhledem k tomu, že u desek CD-4 musí být reprodukovatelné signály dvojnásobných kmitočtů, než u běžných stereofonních desek, jsou na jejich výrobní technologii kladeny mimořádně velké požadavky. Tyto požadavky lze v praxi zvládnout jen s velkými obtížemi a nevyrovnala se s nimi beze zbytku ani firma RCA. V Evropě v současné době neexistuje ani jediná gramofonová firma, která by desky CD-4 vyráběla, a to právě pro mimořádné technické obtíže.

Jestliže záznam a výroba gramofonových desek systému CD-4 je mimořádně náročná, neméně náročné jsou i požadavky na jejich reprodukci. Běžné přenosky pro reprodukci stereofonního záznamu těmto požadavkům nemohou vyhovět. Pro reprodukci desek CD-4 je nutno používat zcela speciální přenosky s minimální efektivní hmotou kmitajícího systému a s maximální poddajností. Tyto přenoskové systémy musí být opatřeny i zvláštním typem hrotu. Je nutné si uvědomit, že u nejvyšších přenášených kmi-



Obr. 6. Způsob modulace nosného kmitočtu

točtů působí na hrot snímacího systému mimořádně velké síly na minimální ploše, neboť hrot přenosky se dotýká drážky prakticky ve dvou bodech. Tyto síly jsou téměř na hranici, při níž již mohou způsobit nevratnou plastickou deformaci povrchu drážky, jinak vyjádřeno mohou doslova „vymazat" signály nejvyšších kmitočtů. To v praxi znamená zničení gramofonové desky. Tentýž jev by mohl nastat i tehdy, kdyby tyto desky byly přehrávány běžnou stereofonní přenoskou. I když jsme si v úvodu řekli, že systém CD-4 je plně kompatibilní, vidíme, že z tohoto důvodu by při přehrávání běžnou přenoskou byla deska s největší pravděpodobností zničena. Příklad hrotu, který svým tvarem umožňuje styk s drážkou na větší ploše, je na obr. 7. Je to tzv. hrot Shibata, který je používán u většiny přenosek systému CD-4.



Obr. 7. Dotyk hrotu s drážkou desky při použití konvenčního (a) a Shibata (b) hrotu

Stejné požadavky jsou kladeny i na přenoskové raménko a celý gramofon. Je požadováno malé kolísání rychlosti otáčení i přesně nastavený a neměnný antiskating – tedy zařízení nejvyšší třídy Hi-Fi. Jinak řečeno, pro reprodukci desek nahraných systémem CD-4 nelze uvažovat žádný méně jakostní gramofonový přístroj.

Postup dekódování signálu systému CD-4 si opět nejlépe objasníme na blokovém schématu na obr. 8. Signál z přenosky je na vstup dekodéru veden speciálními stíněnými vodiči s malou kapacitou. Bývá obvykle předepsáno, aby zatěžovací odpor byl 100 kΩ, při kapacitě max. 100 pF. Vstupní signál (řádu jednotek milivoltů) je obvykle nejdříve zesílen v předzesilovači s lineární přenosovou charakteristikou. Za tímto předzesilovačem se pak zesílený signál zpracovává ve dvou samostatných větvích. V jedné větvi je nejdříve zařazen běžný korekční předzesilovač, jehož úkolem je zlinearizovat kmitočtový průběh rychlostní přenosky. Za ním následuje dolní propust s mezním kmitočtem 15 kHz. Za touto propustí dostaneme v obou kanálech součtové signály $L_F + L_B$, popř. $R_F + R_B$.

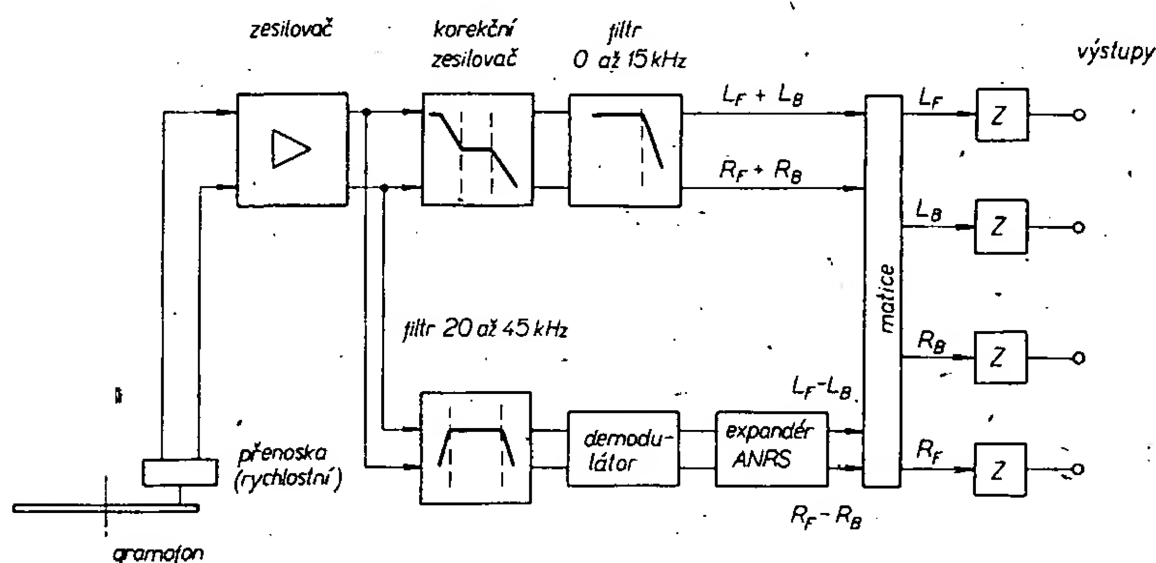
Ve druhé větvi prochází signál nejprve pásmovou propustí 20 až 45 kHz, v níž je potlačen nežádoucí součtový signál. Za touto propustí pak následuje kmitočtový demodulátor, pracující s oscilátorem s fázovým závěsem. Tento demodulátor se skládá z fázového detektoru, který porovnává fázi přiváděného signálu s fází napěťově řízeného oscilátoru, jehož kmitočet je řízen chybovým napětím fázového detektoru. Toto chybové napětí tedy odpovídá změnám fáze, popř. kmitočtu a je tedy vlastně demodulovaným výstupním napětím detektoru PLL. Použití tohoto obvodu v dekodéru CD-4 přináší několik podstatných výhod. Oscilátor především sleduje odchylky, způsobené změnami rychlosti otáčení, tedy kolísáním použité mechaniky gramofonu. Kromě toho není fázový detektor citlivý na změny amplitudy vysokofrekvenčního signálu a není tedy třeba signál před modulací zvlášť omezovat. Další výhodou detektoru PLL je velmi malé zkreslení demodulovaného signálu a dále skutečnost, že neobsahuje žádné laděné obvody a lze jej tedy velmi snadno nastavit, popř. není jej třeba nastavovat vůbec. V bloku demodulátoru je obvykle zařazen též obvod, indikující přítomnost pomocného nosného kmitočtu 30 kHz, kterým je zapojována indikační žárovka, upozorňující, že je přehrávána deska CD-4. Je zde také zařazen obvod umlčovače, a to v řetězu rozdílového signálu. Za demodulátorem následuje dolní propust s mezním kmitočtem 15 kHz a za ní pak obvod deemfáze, korigující kmitočtovou charakteristiku inverzně k průběhu na obr. 6. Jeho funkce již byla popsána ve stati o záznamu. Za tímto obvodem následuje umlčovač. Toto zařízení blokuje kanál rozdílové složky tehdy, není-li v signálu obsažen pomocný nosný kmitočet 30 kHz. Zabraňuje tak pronikání rušivých signálů na výstup dekodéru. Časová konstanta tohoto umlčovače je poměrně velká, přibližně 600 ms a to proto, aby se rozdílový kanál neotevřel při reprodukci stereofonních anebo maticových desek, kdy náhodná interference v oblasti 30 kHz by mohla na okamžik otevřít tento kanál a způsobit tak krátkodobý rušivý šum. Při zániku vysokofrekvenční složky se rozdílový kanál velmi rychle opět uzavře. Časová konstanta uzavření je asi 20 ms. Za umlčovačem jsou již v obou kanálech kmitočtově správné rozdílové signály $L_F - L_B$ a $R_F - R_B$, jejich dynamický rozsah je však dosud komprimován. Signály musí proto projít ještě expandérem ANRS, jehož uspořádání vyplývá z obr. 8. Z expandéru již tedy vychází signál s původním kmitočtovým rozsahem i původní dynamikou. Oba výsledné signály, součtový i rozdílový, jsou vedeny do jednoduchého maticového obvodu, ve kterém se získají výsledné signály L_F, L_B, R_F a R_B podle rovnic, uvedených v úvodu této kapitoly.

V těchto signálech by se teoreticky vzato neměly uplatňovat přeslechy. V praxi se však u signálů s kmitočtem asi 1 kHz objevují přeslechy 20 až 30 dB, u signálů s kmitočtem asi 10 kHz pak 15 až 25 dB. Používá-li se méně jakostní zařízení – především přenoska – zvětšují se přeslechy zhruba o 10 dB. Přitom odstupy rušivých napětí se pohybují mezi −55 až −60 dB. To se ovšem týká desky a demodulátoru, nikoli gramofonu.

Jak je vidět, je systém CD-4 velmi složitý a také velmi náročný na jakost všech členů nejen záznamového, ale i reprodukčního řetězu. Pro tyto mimořádné požadavky naráží v současné době a pravděpodobně asi také v budoucnosti nejen na technické a technologické obtíže, ale též na potíže ekonomické a tudíž i odbytové. Reprodukční zařízení je poměrně komplikované a musí být navíc i velmi kvalitní, což si nemůže každý dovolit. Dalším problémem je i velmi malý počet existujících desek, nahraných systémem CD-4, odhaduje se asi na 400 titulů. Výběr je tedy navíc značně omezený – jedinými výrobci desek jsou firmy RCA a JVC. Stejnými problémy by byla zatížena i amatérská výroba podobného zařízení, a protože navíc na našem trhu desky CD-4 nejsou a patrně ani dlouho nebudou, nebudeme se tímto systémem dále zabývat, ani popisovat jeho konstrukci. Tím ovšem nechceme tvrdit, že se v budoucnu systém CD-4 neobjeví ve větším rozsahu i u nás. Kdyby se podařilo dořešit některé dosud trvající technické problémy, byl by to jistě systém kvalitní.

2. 3. Systém SQ Columbia

Tento systém je na rozdíl od předchozího systémem maticovým, tj. 4–2–4. O maticových systémech se všeobecně tvrdí, že jsou jednodušší, než systémy diskrétní. V technickém principu je to tvrzení zcela správné. Problémem však jsou poměrně velké přeslechy mezi kanály, což je všeobecně považováno za jednu ze základních nevýhod maticových systémů. Pro dekódování u těchto systémů však mohou být použity tzv. „logicky řízené" dekodéry, jimiž je možno zmenšit přeslechy prakticky na úroveň přeslechů diskrétních systémů. Toto zlepšení přináší ovšem podstatně složitější zapojení dekodéru. Největším problémem pak je navíc skutečnost, že k tomuto zkomplikování dochází na reprodukční straně, tedy u posluchače, jehož zařízení se tím nejen komplikuje, ale i zdražuje. Popravdě řečeno maticový systém spojený s „logicky řízeným" dekodérem se co do komplikovanosti a nákladnosti může srovnávat s dekodérem systému CD-4. Naproti tomu však mají desky maticových systémů v praxi lepší parametry odstupu signálu od šumu než desky systému CD-4. Kromě toho je výroba desky s maticovým kódováním jednodušší, než desky CD-4, u níž platí, že jejich kvalita velmi kolísá, protože každá deska se nepovede tak, jak by si to výrobce přál. Naproti tomu u maticových desek lze větší přeslechy vhodně zamaskovat dobrou zvukovou režií tak, že při poslechu nebudou příliš vadit. Srovnáme-li výhody i nevýhody, vše hovoří v současné době ve prospěch maticové kvadrofonie a také zřejmě způsobuje její podstatně větší rozšíření, než je tomu u diskrétního systému CD-4. Přitom systém SQ Columbia je dnes nejrozšířenějším kvadrofonním systémem vůbec. U tohoto systému je s výhodou využíváno několika psychoakustických principů, objevených a propagovaných laboratořemi Columbia. Z nich pak byly vytvořeny zjednodušující předpoklady pro volbu kódovacích a dekódovacích principů. Pokud by měl někdo při vyslovení pojmu „psychoakustika" pocit, že se jedná o něco, co by bylo možno nahradit slovem „švindl", pak nemá zcela pravdu. Jedná se totiž v principu o fyziologické vlastnosti lidských smyslů, které si kupř. neúplné anebo časově následné informace automaticky zpracovávají v kom-



Obr. 8. Blokové schéma reprodukčního řetězce CD-4; Z – zesilovač

pletní obraz, nebo obraz podle určitých zákonitostí. Příkladem praktického užití uvedeného principu je třeba projekce filmu, barevná televize a další. Psychoakustika se obdobně snaží využít podobných vlastností lidského sluchu.

Na principech psychoakustiky a též na důrazně uplatňované slučitelnosti kvadrofonní desky s deskou stereofonní je založeno kódování a dekódování systému SQ. Při kódování se čtyři základní signály L_F, R_F, L_B a R_B zakódují do dvou signálů L_T a R_T podle následujících vztahů:

$L_T = L_F - j\,0{,}707\,L_B + 0{,}707\,R_B$,

$R_T = R_F + j\,0{,}707\,R_B - 0{,}707\,L_B$.

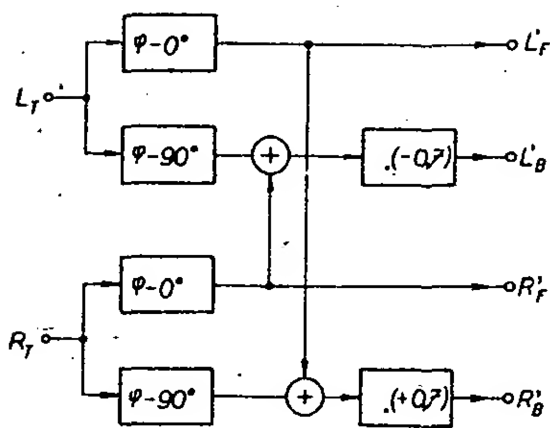
Symboly + j a − j značí fázový posuv signálu o +90°, popř. −90°. Blokové schéma kodéru je na obr. 9, kde jsou výsledné signály L_T a R_T znázorněny vektorově.

$L'_B = L_B + j\,0{,}7\,L_F - 0{,}7\,R_F$

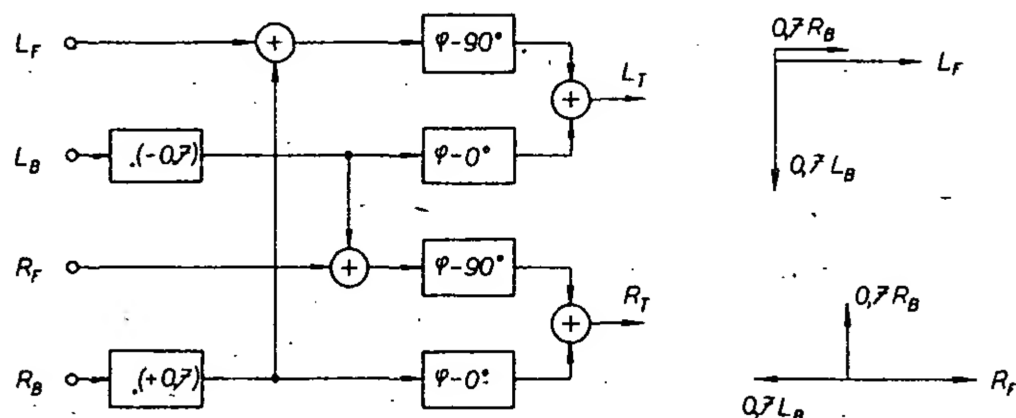
$R'_B = R_B - j0{,}7R_F + 0{,}7L_F$.

Dekodér, jehož blokové schéma je na obr. 10, obsahuje tedy jednak obvody pro posuv fáze o 90°, jednak směšovací síť, upravující amplitudy jednotlivých signálů podle dekódovacích rovnic. Na témže obrázku jsou vektorově znázorněny výstupy z jednotlivých kanálů dekodéru. Z těchto vektorových znázornění i z rovnic plynou některé základní principy, určující vlastnosti kódovacího a dekódovacího systému SQ.

Stranové přeslechy mezi kanály obou bází, tj. přeslech mezi levým předním a pravým předním kanálem, nebo přeslech mezi levým zadním a pravým zadním kanálem jsou zanedbatelné. Je proto zcela přesná lokalizace zvuku na přední bázi. Naproti tomu má tento systém poměrně velké přeslechy mezi středovými signály přední a zadní báze, C_F a C_B. V těchto případech je přeslech 0 dB, což znamená, že oba signály jsou co do velikosti shodné, fázově jsou však posunuty o 180°. Stranové přeslechy mezi C_L a C_R jsou nestejně velké, jak to vyplývá z principu kódovací s dekódovací matice. Reprodukujeme-li signály C_L a C_R monofonně, tedy zkoumáme-li přeslech do C_F, pak přeslech C_L je −5,3 dB a C_R + 2,3 dB, což může způsobit nežádoucí posuv zvukového obrazu.



Obr. 10. Blokové schéma základního dekodéru SQ



Obr. 9. Blokové schéma kódování SQ a vektory výstupních signálů

Levý přední signál L_F se tedy objevuje pouze v levém zakódovaném signálu L_T a pravý přední signál R_F se objevuje pouze v pravém zakódovaném signálu R_T. Z toho vyplývá, že i přeslech mezi předními signály je teoreticky nekonečně malý. Jestliže signály R_T a L_T vedeme na pravý a levý vstup stereofonní záznamové hlavy, pak L_F a R_F budou zaznamenány pod úhly ±45°, tedy zcela shodně jako při běžném stereofonním záznamu. Levý zadní signál L_B se po zakódování objeví v obou výstupních kanálech L_T a R_T s úrovní o 3 dB menší a fázově posunutý o 90°. Při záznamu tohoto signálu koná hrot řezacího nože kruhový pohyb ve směru hodinových ručiček. Stejně tak se pravý zadní signál R_B po zakódování objeví v obou výstupních kanálech L_T a R_T opět s úrovní o 3 dB menší, je však fázově posunut o 90° v opačném směru. Hrot řezacího nože tedy koná kruhový pohyb proti směru hodinových ručiček. Přední středový signál C_F, přivedený ve fázi na vstup L_F a R_F kodéru, se objeví ve fázi i na jeho výstupu v kanálech L_T a R_T. Při záznamu na desku bude tedy zaznamenáván stranovým řezem, jako monofonní signál, anebo středový signál u stereofonie. Zadní středový signál C_B bude v kanálech L_T a R_T zakódován v protifázi a bude tedy zaznamenán hloubkovým řezem.

Z toho plyne, že kvadrofonní desku systému SQ Columbia je možno bez ztrát informací přehrávat stereofonně či dokonce monofonně. V tomto případě však nebude reprodukována informace C_B. Kvadrofonní dekodér SQ používá následující dekódovací rovnici:

$L'_F = L_T$; $\quad L'_B = 0{,}7L_T - j0{,}7R_T$;

$R'_F = R_T$; $\quad R'_B = j0{,}7L_T - 0{,}7R_T$.

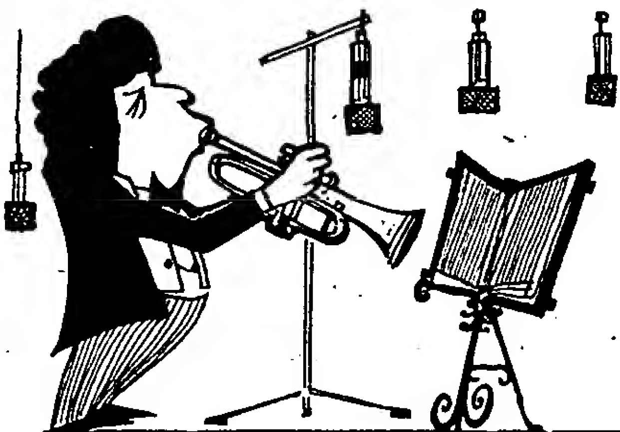
Dosadíme-li za L_T a R_T symboly z původní soustavy rovnic, dostaneme výsledné reprodukované signály, vyjádřené pomocí původních:

$L'_F = L_F - j0{,}7L_B + 0{,}7R_B$,

$R'_F = R_F + j0{,}7R_B - 0{,}7L_B$,

Systém SQ má tedy mnoho výhod, mezi které patří především dobrá slučitelnost se stereofonní reprodukcí, má však také řadu závažných nedostatků, mezi nimiž na prvním místě musíme uvést příliš velké přeslechy. V praxi se celý problém jeví tak, že pokud posluchač zaujme při poslechu optimální místo uprostřed poslechového prostoru a nehýbá hlavou, pak díky řadě faktorů, plynoucích ze zmíněných psychoakustických principů, bude lokalizace zdrojů zvuku uspokojující. Jakmile však otočí hlavu, nebo se pohne z místa optimálního poslechu, tyto principy přestávají účinkovat a přeslechy systému se okamžitě rušivě uplatní. Tato situace je ovšem velmi podobná poslechu stereofonního signálu, nahraného některým z klasických systémů, především X – Y. I zde je posluchač pro správnou lokalizaci nucen zaujmout místo přesně ve středu poslechového prostoru.

U diskrétních systémů kvadrofonie jsou tyto problémy podstatně menší, nebylo by však účelné proto maticové systémy zavrhovat. Za cenu určitých ústupků je totiž možno i u nich snížit přeslechy na přijatelnou velikost. A právě u systému SQ je podobná možnost, aniž by to nadměrně komplikovalo zařízení.



Jak již víme, středové přeslechy jsou vždy v protifázi. Jestliže tedy spojíme kanály protilehlé příslušnému středovému signálu, přeslechové signály se vyruší. Středový přeslech bude tedy nulový, stranový přeslech bude ovšem maximálně velký (oba signály shodné). Z této skutečnosti můžeme dojít ke kompromisnímu řešení, že stranové přeslechy vpředu uměle zvětšíme na 20 dB, což odpovídá 10% smíšení předních kanálů a stranové přeslechy vzadu zvětšíme až na 8 dB, což odpovídá 40% smíšení obou kanálů. Potom bude pro C_F v zadních kanálech přeslech

$$L'_B = +j0{,}7C_F - 0{,}7C_F + 0{,}4(-j0{,}7C_F + +0{,}7C_F) = +j0{,}42C_F - 0{,}42C_F$$

Po vektorovém součtu bude tedy absolutní hodnota přeslechového signálu $0{,}59C_F$, tj. přeslech asi 5 dB. Přeslech zezadu dopředu bude pochopitelně větší a to

$$L''_F = -j0{,}7C_B + 0{,}7C_B + 0{,}1\,(+j0{,}7C_B - + 0{,}7C_B) = -j0{,}63C_B + 0{,}63C_B.$$

Absolutní hodnota přeslechového signálu bude tedy asi $0{,}9C_F$, tedy přeslech asi 1 dB. Uvážíme-li však, že podstatná část zvukové informace je obsažena v předních kanálech, je toto řešení celkem vyhovující a takto upravené dekodéry, označované 10–40 (podle směšování vyjádřeného v procentech) dávají při reprodukci celkem obstojné výsledky.

Dalším stupněm k zmenšení přeslechů mohou být již jen logické obvody, zmenšující přeslech v závislosti na poloze hlavního signálu a pracující buď na principu změny zesílení kanálů, nebo změny součinitele směšování v základní matici. Tyto logické obvody s ohledem na výslednou cenu dekodéru musí být co nejjednodušší. Nejprve se však podívejme, jak vypadá řídicí logika, která je schopna identifikovat, zda je v reprodukci obsažen středový přední (C_F), anebo středový zadní (C_B) signál. Zakódujme si nejdříve signál C_F.

$L_T = C_F$, $\quad R_T = C_F$.

Potom zřejmě $L_T + R_T = 2C_F$ a $L_T - R_T = 0$.

Zakódujeme-li nyní signál C_B, bude

$L_T = -j0{,}7C_B + 0{,}7C_B$,

$R_T = +j0{,}7C_B - 0{,}7C_B$.

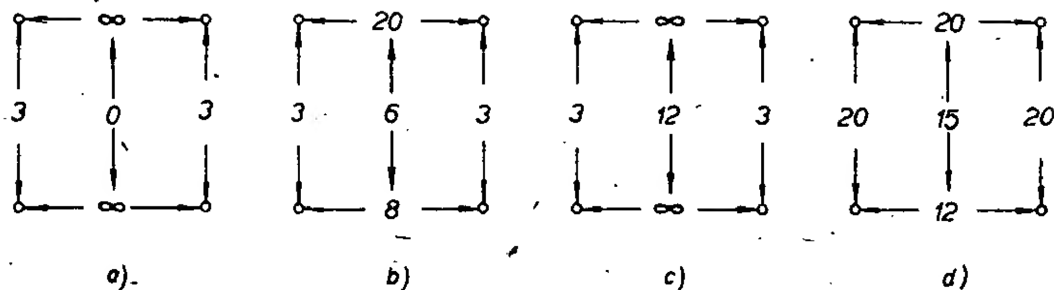
Z tohoto vztahu opět vyplývá, že

$L_T + R_T = 0$ a $L_T - R_T = 2C_B$.

Uvažujeme-li nyní vztahy mezi součtovým a rozdílovým signálem, je zřejmé, že je-li

$$L_T + R_T > L_T - R_T,$$

převládají v reprodukci přední signály a naopak. Vytvoříme-li na základě těchto vztahů porovnávací obvod, můžeme jeho výstupním signálem řídit zesílení příslušných kanálů, nebo ovlivňovat směšovací součinitele. Přeslech mezi C_F a C_B tak můžeme značně



Obr. 11. Vývoj dekodérů SQ z hlediska přeslechů (dB); a) základní dekodér, b) základní dekodér se směšováním 10-40, c) dekodér s předozadní logikou, d) dekodér s předozadní a tvarově srovnávací logikou

zmenšit, v praxi lze dosáhnout asi 10 až 15 dB, což postačuje i pro vysoké nároky. Tento porovnávací obvod je však neúčinný pro stranové signály. Pro tyto signály je přeslech stále jen 3 dB. Chceme-li zlepšit přeslech i u těchto signálů, musíme použít jiný, vyšší typ řídicí logiky. Přehled jednotlivých druhů dekodérů systému SQ a dosažitelné přeslechy jsou na obr. 11.

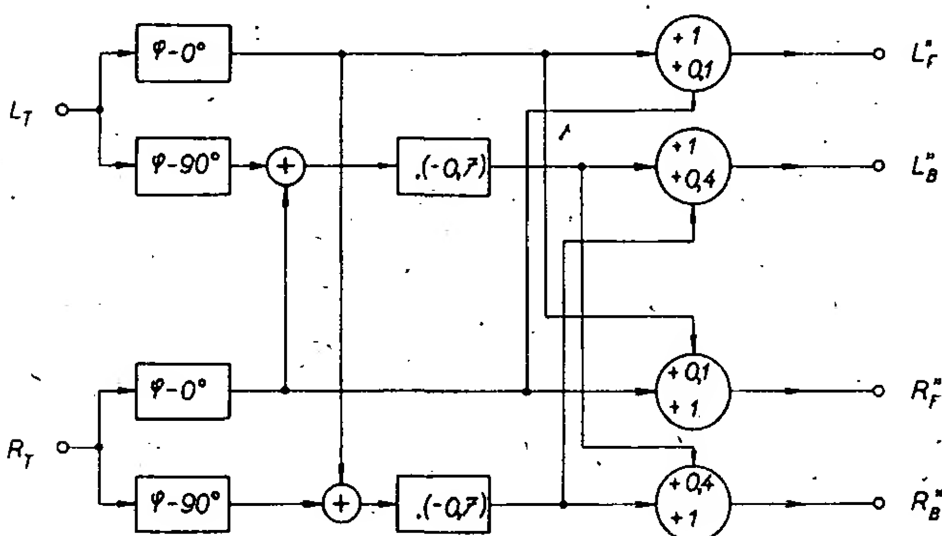
Jak již bylo řečeno, lze předozadní přeslechy zmenšit směšováním, doporučený poměr je 10–40 (vysvětleno v předchozích odstavcích). Blokové schéma takového dekodéru je na obr. 12. Ke směšování slouží odpory, propojující příslušné výstupy. Na obr. 13 je blokové schéma dekodéru s předozadní směšovací logikou. Jak z obrázku vyplývá, zařízení obsahuje základní dekodér SQ, u něhož jsou výstupy předních i zadních kanálů propojeny proměnnými odpory. Velikost těchto odporů je řízena předozadní logikou. Signály $L_T + R_T$ a $L_T - R_T$ jsou odebírány před dekodérem. Protože je žádoucí, aby logika reagovala pouze na signály středních kmitočtů, při nichž je lokalizace rozhodující, jsou tyto signály nejprve kmitočtově omezeny a pak vedeny do zvláštního obvodu, který upraví jejich úroveň tak, aby byla pro vyhodnocení konstantní. Je totiž nezbytné, aby logika pracovala i při změnách napětí vstupního signálu v rozsahu asi 30 dB stejně účinně. Takto upravené signály jsou usměrněny a získaná stejnosměrná napětí se vedou na porovnávací obvod, který podle velikosti jednoho či druhého napětí mění velikost směšovacích odporů. Jestliže je na příklad $L_T + R_T$ větší než $L_T - R_T$, znamená to, že je přítomen signál C_F a řídicí logika zmenší odpor mezi zadními kanály. Tím se částečně vyruší nežádoucí signály v protifázi a přeslech zpředu dozadu se zmenší. Dekodér podle obr. 12 obsahuje asi 35 tranzistorů a 15 diod. Bude popsán v následující kapitole.

Dekodér s předozadní logikou umožňuje již velmi dobrou kvadrofonní reprodukci a to zejména při poslechu vážné hudby, při níž bývají zadními reproduktory přenášeny pouze signály, vytvářející prostorový dojem sálu.

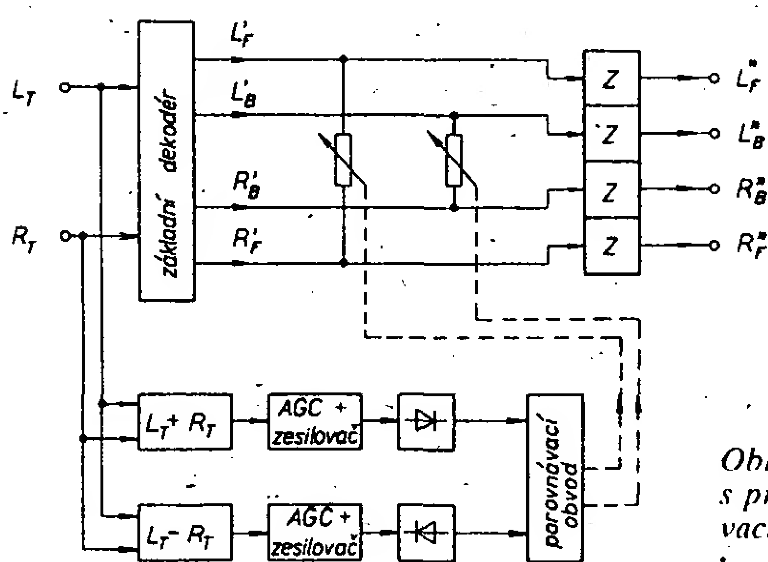
Ke zmenšení stranových přeslechů se používá další logika, tzv. tvarově srovnávací logika. Všimneme-li si výstupních signálů základního dekodéru, zjistíme, že se opět jedná pouze o to, rozlišit přední signály od signálů zadních, protože stranové přeslechy není třeba ani v přední ani v zadní bázi zlepšovat. Na obr. 14 je blokové schéma obvodu pro získání řídicích signálů tvarově srovnávací logiky a výsledné vektory v jednotlivých bodech, označených *A* až *H*. Vstupní signály L_T a R_T jsou nejprve fázově posunuty vzájemně o 90°, pak projdou obvodem automatického řízení úrovně a nakonec se vzájemně sečtou a odečtou. Tak dostaneme čtyři výsledné signály v bodech *C*; *D* a *G*; *H*. Je si třeba všimnout fázových i amplitudových poměrů v jednotlivých bodech. V bodech *C* a *D* mají stejnou amplitudu vektory R_B a L_B. Přitom R_B jsou ve fázi a L_B v protifázi. Ostatní vektory mají jiné amplitudy i fáze, anebo se v obou bodech současně nevyskytují. Právě tak v bodech *G* a *H* mají stejnou amplitudu, avšak opačnou fázi signály L_F a R_F. Toho je využíváno k vytvoření řídicích signálů. Protože však fáze těchto signálů jsou různé, bylo by třeba pro odvození řídicích signálů obrátit fáze některých základních signálů. To však není možné. Nelze například v bodu *C* obrátit fázi signálu L_B tak, aby byla shodná s fází signálu L_B v bodu *D*, aniž bychom současně neobrátili fázi signálu R_B. Pak by byl v protifázi signál R_B. Proto nejdříve všechny čtyři signály v bodech *C*, *D*, *G*, a *H* usměrníme dvoucestným usměrňovačem. Budeme-li po usměrnění srovnávat napětí na výstupech *C* a *D*, zjistíme, že jsou shodná tehdy, jsou-li přítomny signály L_B nebo R_B. Odečteme-li od sebe za tohoto stavu oba usměrněné signály, bude výsledný signál nulový. Ve všech ostatních případech se bude výsledný signál od nuly lišit. Stejný případ nastane, odečteme-li usměrněné signály na výstupech *G* a *H*. Jestliže je tedy diferenční napětí na bodech *C* a *D* větší než na bodech *G* a *H*, převládá v reprodukci přední signál. Jestliže je naopak diferenční napětí v bodech *G* a *H* větší než v bodech *C* a *D*, převládá v reprodukci zadní signál. Je to tedy obdobný případ jako u předozadní logiky. Výsledná napětí pak řídí porovnávací obvod, na jehož výstupu získáme signál pro ovládání dekodéru.

Musíme si ještě povšimnout dvou důležitých skutečností, vyplývajících z předchozího popisu. Tvarově srovnávací logika nereaguje především na středové signály C_F a C_B, protože tyto signály nejsou ve vhodném fázovém vztahu a nelze je tedy vzájemně tvarově srovnávat, jak vyplývá z obr. 14. Proto bude nutné použít v dekodéru oba druhy logiky, tj. předozadní i srovnávací současně, aby bylo možno rozlišit přední a zadní bázi. Dále je si třeba uvědomit, že signály tvarově srovnávací logiky nelze řídit směšovací poměry v dekodéru, neboť se v tomto případě nejedná o signály v protifázi, ale pouze hlasitost předních a zadních kanálů.

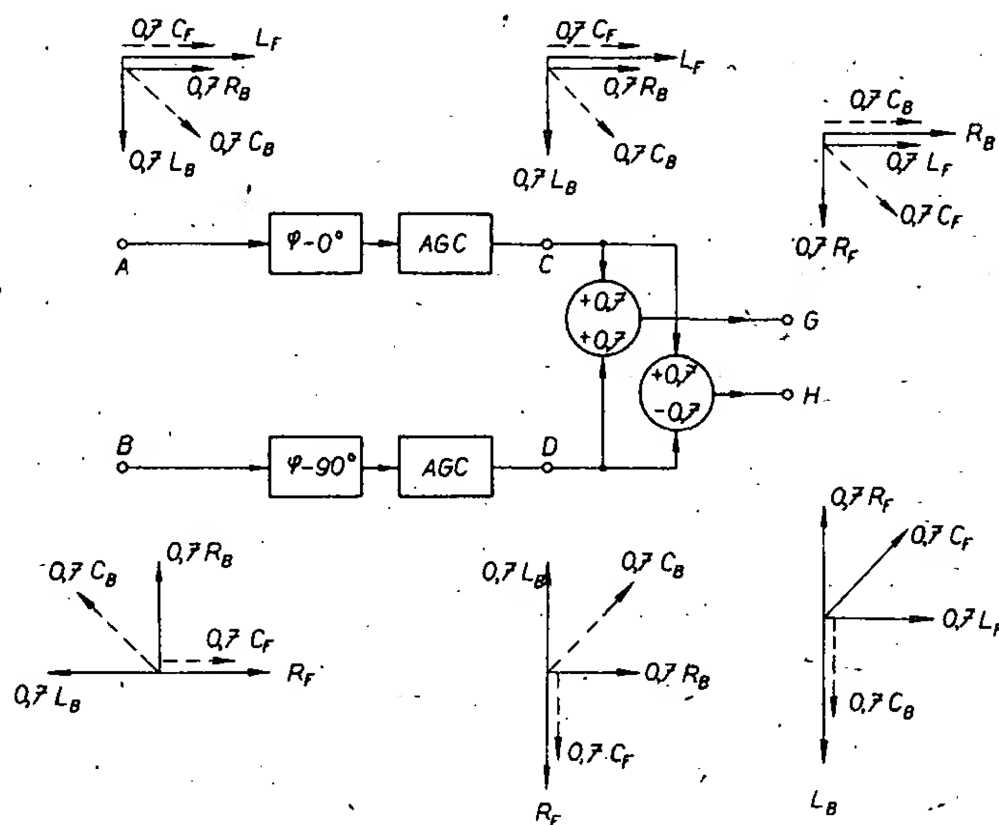
Na obr. 15 je blokové schéma dekodéru SQ s předozadní i tvarově srovnávací logikou. Řídicí signál může být použit buď



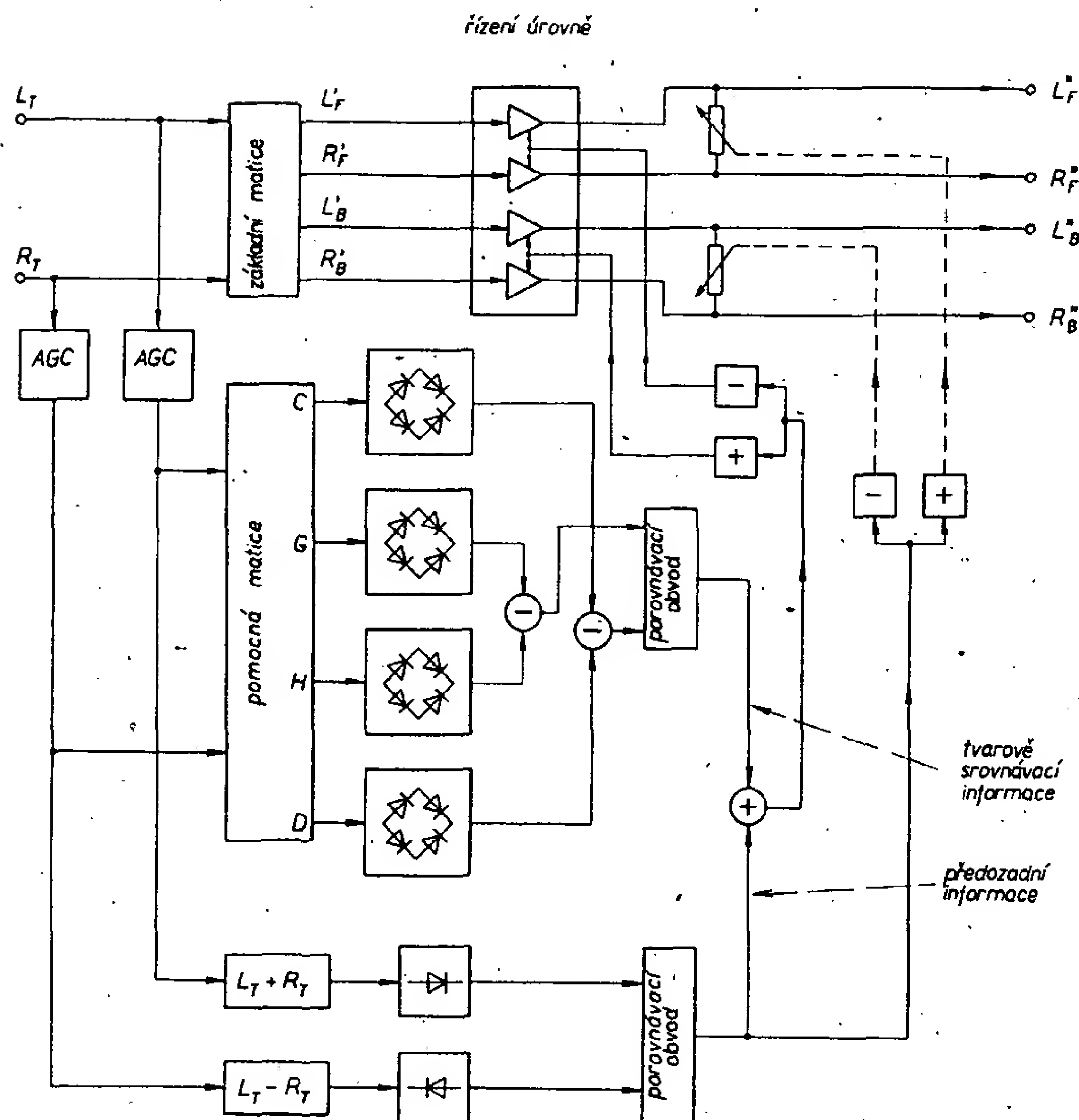
Obr. 12. Dekodér SQ s pevným směšováním 10-40



Obr. 13. Dekodér s předozadní směšovací logikou. Z – zesilovač



Obr. 14. Odvození řídicích signálů tvarově srovnávací logiky



Obr. 15. Dekodér SQ s tvarově srovnávací a oběma druhy předozadní logiky

k řízení zesílení, nebo k řízení směšovacích poměrů dekodéru. V praxi se v poslední době používají obě tyto metody současně, jak vyplývá z obr. 15.

Signály L_T a R_T přicházejí jednak na základní dekodér a jednak dále přes obvody automatického řízení úrovně na obvod předozadní logiky. Po zpracování signálů $L_T + R_T$ a $L_T - R_T$, které bylo již popsáno, dostáváme řídicí signál předozadní logiky. Signály L_T a R_T odebíráme dále pro tvarově srovnávací logiku. Tyto signály jsou vedeny opět do obvodu automatického řízení úrovně a dále do matice pro vytvoření signálů v bodech *G* a *H*. Všechny čtyři signály jsou pak dvoucestně usměrněny a vzájemně odečteny ($U_C - U_D$ a $U_G - U_H$). Výsledná napětí slouží k řízení porovnávacího obvodu, na jehož výstupu je řídicí signál tvarově srovnávací logiky. Signály z obou typů logik se sčítají a řídí úrovně výstupních zesilovačů základního dekodéru. Jak již bylo řečeno, lze tímto způsobem dosáhnout přeslechu až 20 dB, což již odpovídá výsledkům, dosahovaným diskrétní kvadrofonií. Je ovšem nutné uvědomit si, že takové přeslechy získáme pouze v tom případě, vyskytuje-li se v přenosu výrazně pouze jeden kanál. Přivádíme-li na dekodér více signálů, pak logika nutně jeden preferuje a ostatní potlačuje. Jestliže by na vstup dekodéru přicházely současně čtyři signály s přibližně stejnou úrovní, pak by logika přestala pracovat a vzájemné přeslechy by se okamžitě zhoršily až na 3 dB. I když tomu tak teoreticky skutečně je, přesto tato okolnost v praxi nemusí tolik vadit, protože ani při přímém poslechu složených signálů nelze vždy přesně určit jejich směry a proto ani v případě systému SQ nebude zhoršení lokalizace vyloženou závadou. Je nutné uvědomit si, že dekodéry, používající obě logiky, jsou již značně složitá zařízení a mezi nimi a dekodérem systému CD-4 není velký rozdíl. Přesto však systém SQ se podstatně rychleji rozšířil pro daleko menší technickou náročnost.

Pro dekodéry SQ – samozřejmě však i pro dekodéry ostatních systémů – se v poslední době vyrábějí speciální integrované obvody, které konstrukci dekodérů podstatně zjednodušují. Například dekodér SQ s předozadní i tvarově srovnávací logikou obsahuje jen tři integrované obvody a několik pasívních prvků. To umožňuje další rozšíření kvadrofonie bez velkých technických problémů. K reprodukci gramofonové desky nahrané systémem SQ postačuje běžný gramofon a běžná gramofonová přenoska. Nejvyšší třída kvality není u používaného zařízení nezbytnou podmínkou. Tato skutečnost znamená, že reprodukční zařízení může být levnější a je zde proto předpoklad většího rozšíření systému SQ.

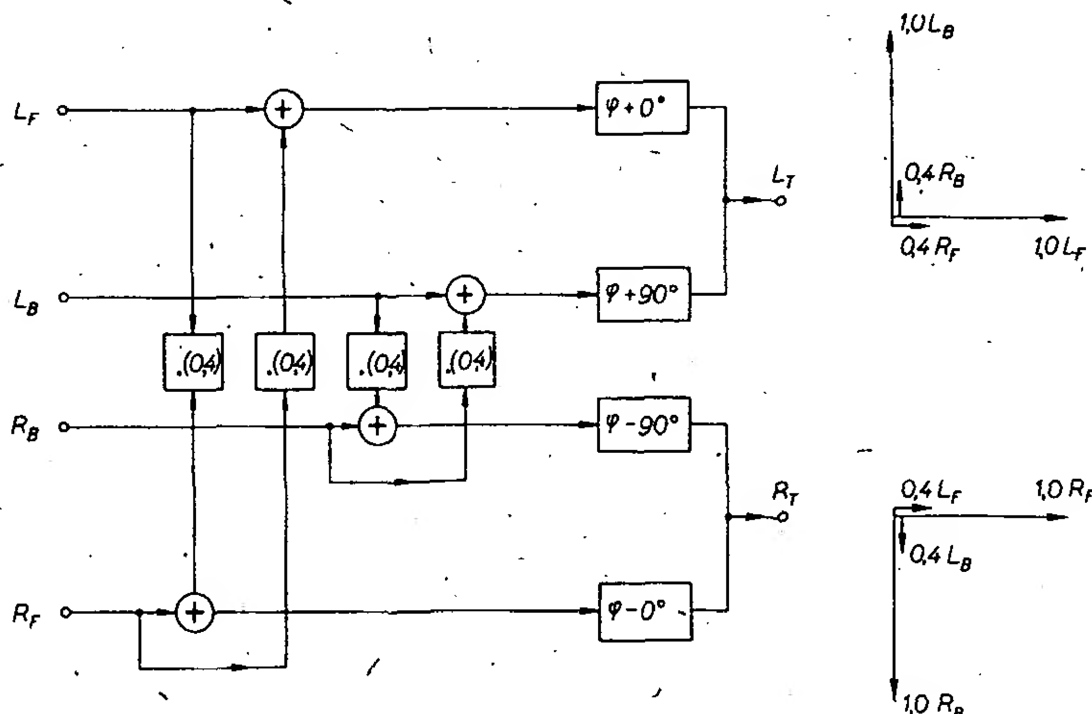
Také u nás se začnou vyrábět gramofonové desky nahrané systémem SQ. Z amatérského hlediska tedy poskytuje systém SQ největší možnosti realizace a stavba kvadrofonních zařízení využívajících tohoto systému bude proto popsána v konstrukční části.

2. 4. Systém QS Sansui (Regular Matrix)

Tento systém, který vyvinula japonská firma Sansui, je druhým nejrozšířenějším systémem používající matice, tedy označený 4-2-4. Když se kvadrofonního výzkumu v podstatě vzdala firma Electrovoice, zůstaly prakticky dva maticové systémy. Jednak právě popsaný systém SQ Columbia, a jednak systém QS Sansui. Posledně jmenovaný systém byl již dokonce normalizován v Japonsku pod označením Regular Matrix a používá zkratku RM.

Systém QS je celosvětově velmi rozšířen. Počet gramofonových desek nahraných tímto systémem je dokonce větší, než desek, nahraných systémem SQ. Je sice pravda, že největší počet nahraných titulů je právě v Japonsku, ale i ve Spojených státech vydává desky nahrané systémem QS asi patnáct firem; též v Evropě už bylo vydáno nejméně 50 titulů desek QS a to především firmami Decca, Pye a Barclay.

Vzájemné hodnocení systémů SQ a QS je velmi obtížné. Kdyby bylo možno z obou vzít jejich klady a vytvořit z nich systém nový, bylo by to teoreticky nejlepší řešení. U každého maticového systému jsou největším problémem, jak jsme si již vysvětlili, přeslechy. Rozhodneme-li se při tvorbě matice pro malý přeslech v jednom směru, zůstanou vždy zbylé dva přeslechy velké (3 dB). Záleží na názoru konstruktéra, které kanály budou mít největší a které nejmenší přeslech. A právě v této otázce se oba systémy zásadně liší. Zatímco systém SQ klade největší důraz na co nejmenší stranové přeslechy a co nejlepší stereofonní slučitelnost, systém QS klade největší důraz na všesměrovou symetrii vytvořeného zvukového pole. V praxi to znamená, že posloucháme-li dekódovaný signál například z reproduktoru vlevo vpředu (L_F), pak oba nejbližší kanály, tedy R_F a L_B budou mít přeslechy 3 dB, zatímco protilehlý kanál R_B bude mít přeslech prakticky nulový. Tato úvaha platí s určitým omezením po celém kruhu kvadrofonního přenosu. Tento způsob není bez zajímavosti. Je totiž subjektivně zjistitelné, že u systému SQ působí přeslechy v úhlopříčce velmi rušivě a to navzdory všem hlásaným psychoakustickým principům. Totéž se týká i stranových přeslechů mezi L_F a L_B, nebo mezi R_F a R_B, kdy často dochází k situaci, že se nám zdá, že jsou příslušné reproduktorové soustavy propojeny a reprodukují stejný stereofonní signál. Naproti tomu je opět reprodukce systému QS vzhledem k velkým stranovým přeslechům (pouze



Obr. 16. Blokové schéma kódování QS a vektory výstupních signálů

3 dB) značně rozmazaná a obtížně lokalizovatelná. Tak velký přeslech způsobuje v přední bázi podstatné zhoršení stranového vjemu a při reprodukci těchto desek běžným stereofonním zařízením bude mezi oběma kanály přeslech pouze 7,7 dB, což je hodnota nepostačující. Naproti tomu však jsou při stereofonní reprodukci zadní signály reprodukovány v protifázi (na rozdíl od systému SQ), což přispívá k vytvoření dojmu prostoru. Je velmi obtížné rozhodnout, který systém je při kvadrofonní reprodukci lepší. Z uvedeného výčtu zcela odlišných vlastností jednotlivých maticových systémů též vyplývá, že se v podstatě stále hledá to, co vlastně má být u kvadrofonní reprodukce považováno za podstatné a co za méně významné. Jisté však je pouze to, že systém QS má podstatně horší slučitelnost se sterofonií a že právě tato skutečnost může být – alespoň zpočátku – rozhodující pro jeho pomalejší zavedení.

Podívejme se nyní na základní principy kódování a dekódování v systému QS Sansui. Na obr. 16 je blokové schéma kodéru QS a znázorněny vektory zakódovaných signálů L_T a R_T za předpokladu, že všechny čtyři vstupní signály mají stejnou amplitudu. Kódování probíhá podle vztahů

$L_T = L_F + 0{,}414R_F + j(L_B + 0{,}414\ R_B)$,
$R_T = R_F + 0{,}414L_F - j(R_B + 0{,}414\ L_B)$.

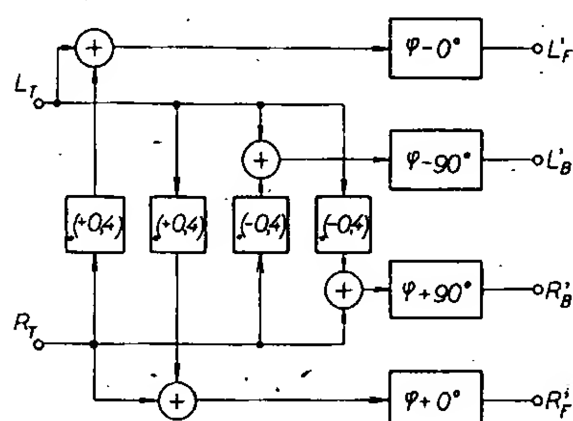
Z vektorů na obr. 16 i z kódovacích rovnic již vyplývají rozdíly mezi kódem systému SQ a QS. Především se to týká velkých přeslechů mezi předními signály, vzniklému již při kódování. Dále je vidět, že přední signály jsou kódovány ve fázi, zatímco zadní signály jsou kódovány s fází +j a –j, tedy vzájemně v protifázi. Symetrie použitého kódu umožňuje posouvat zdánlivý zvukový zdroj do libovolného místa poslechového kruhu se stejnou kvalitou, což u systému SQ nelze tak jednoduše realizovat. Je ovšem otázka, zda možnost zdánlivého posuvu těžiště zvuku v kruhu je nezbytnou podmínkou kvadrofonního přenosu. U kvadrofonních nahrávek je totiž využíváno především přední báze a zadní kanály obsahují obvykle pouze informace o akustickém prostoru, což také většinou odpovídá skutečnosti, kdy je orchestr umístěn před posluchačem na podiu. Existuje samozřejmě také řada nahrávek, které jsou pořízeny tak, že je posluchač obklopen zvukem ze všech stran a připadá si tedy, že sedí v orchestru. Pro takový druh nahrávek, které preferují dosažený efekt, se zdá být systém QS výhodnější.

Dekódování signálů v systému QS probíhá podle následujících vztahů

$L'_F = L_T + 0{,}414R_T; L'_B = -j(L_T - 0{,}414R_T)$;
$R'_F = R_T + 0{,}414L_T; R'_B = +j(R_T - 0{,}414L_T)$.

Dekodér, jehož blokové schéma je na obr. 17, je až na rozdílné směšovací součinitele prakticky shodný s dekodérem systému SQ. Jak směšovací obvody, tak i obvody pro posuv fáze jsou obdobné.

Dosadíme-li za L_T a R_T do dekódovacích rovnic původní signály, dostaneme

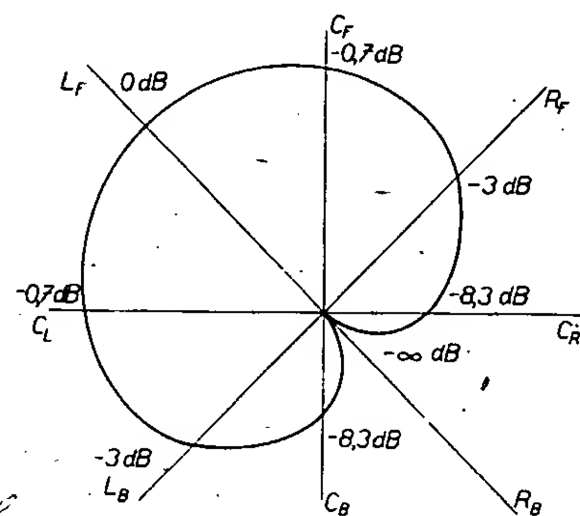


Obr. 17. Blokové schéma základního dekodéru QS

$L'_F = L_F + 0{,}707R_F + j0{,}707L_B$,
$R'_F = R_F + 0{,}707L_F - j0{,}707R_B$,
$L'_B = L_B + 0{,}707R_B - j0{,}707L_F$,
$R'_B = R_B + 0{,}707L_B + j0{,}707R_F$.

Stejně jako u systému SQ můžeme na základě dekódovacích rovnic zhodnotit i systém QS. Jedná se tedy o symetrický systém, který má vektorový obraz libovolného kanálu až na fázové poměry stejný. To znamená, že lokalizace zvukového zdroje je v kterémkoli místě prakticky stejná. V každém výsledném signálu jsou obsaženy opět dva signály přeslechu s úrovní o 3 dB menší, než výsledný signál. Tyto přeslechy jsou v přední a zadní bázi ve fázi s výsledným signálem, na stranách jsou fázově posunuty o +90° nebo –90°.

V úhlopříčkách reproduktorových soustav je přeslech nulový. Tato skutečnost zlepšuje lokalizaci zdroje zvuku. Průběh akustického pole libovolného kanálu po dekódování vidíme na obr. 18. Toto pole má tvar kardioidy s maximem akustického tlaku v žádaném směru a s minimem akustického tlaku ve



Obr. 18. Průběh akustického tlaku dekódovaného signálu QS pro kanál L'_F

směru opačném. Týž obrázek ukazuje bohužel nedostatečnou lokalizaci na přední bázi vzhledem k velkému přeslechu, neboť přeslechový signál je jen o 3 dB slabší, než základní signál příslušného kanálu. Přeslechy fantomových středových signálů C_F proti C_B, nebo C_L proti C_R jsou 7,7 dB, což je již lépe vyhovující.

Dekodér bez úprav umožňuje lepší lokalizaci zvukového zdroje v úplném kruhu, než dekodér systému SQ. Naproti tomu stereofonní reprodukce zakódovaného signálu QS je horší, neboť přeslechy mezi levým a pravým předním reproduktorem činí 7,7 dB, což pro perfektní lokalizaci nepostačuje. Přitom však jsou informace, obsažené v zadních kanálech, v protifázi, což má za důsledek, že se v reprodukci může zlepšit dojem prostoru. Při monofonní reprodukci zakódovaného signálu QS jsou podstatným způsobem potlačeny zadní kanály. Středový zadní signál nelze reprodukovat podobně, jako u systému SQ.

Největší slabinou systému QS je nevyhovující slučitelnost se stereofonní reprodukcí, (i s reprodukcí monofonní, tedy především rozhlasovým přenosem). Ostatní problémy tohoto systému jsou obdobné jako u systému SQ. Lze tedy při dodržení základních fázových vztahů použít jako nosič informace gramofonovou desku, magnetofonový pásek apod.

Snaha o zlepšení stranových přeslechů vedla i u systému QS ke konstrukci logického dekodéru, který podle obsahu signálu zlepšuje přeslechy mezi jednotlivými kanály. Protože matice tohoto systému je symetrická, je použitý logický obvod jednodušší, než obvod systému SQ.

Nejdříve si uvedeme několik základních vztahů, z nichž vychází logika QS. Uvažujeme takový případ, kdy se v zakódovaném signálu vyskytují pouze signály předních kanálů. Signály L_T a R_T pak budou

$L_T = L_F + 0{,}414R_F$,
$R_T = R_F + 0{,}414L_F$.

Provedeme následující úkon

$(L_T + R_T) + (L_T - R_T)$

a dostaneme

$(1{,}414L_F + 1{,}414R_F) + (0{,}586L_F - 0{,}586R_F) = 2{,}01L_F + 0{,}828R_F$.

Tady vidíme první zajímavost. Zatímco běžným způsobem dekódované signály QS měly mezi sebou přeslech 3 dB, zmenšila se jeho úroveň nyní na 7,7 dB. Jestliže vyjdeme z této skutečnosti a uvažujeme

$(L_T + R_T) + 2{,}41(L_T - R_T)$,

dostaneme

$(1{,}4L_F + 1{,}41R_F) + 2{,}41(0{,}58L_F - 0{,}58R_F) = 1{,}41L_F + 1{,}41R_F + 1{,}41L_F - 1{,}41R_F = 2{,}82L_F$.

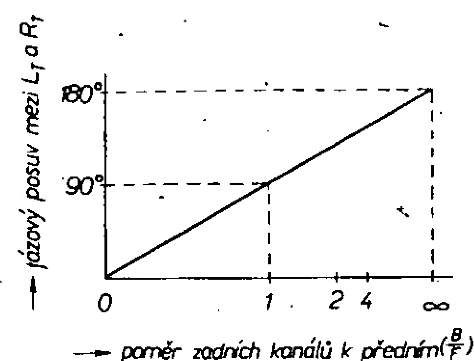
Výstup kanálu L'_F obsahuje nyní výhradně signál L_F. Přeslech z R_F byl zrušen volbou součinitele 2,41. Uvažujeme-li dále

$(L_T + R_T) - 2{,}41(L_T - R_T)$,

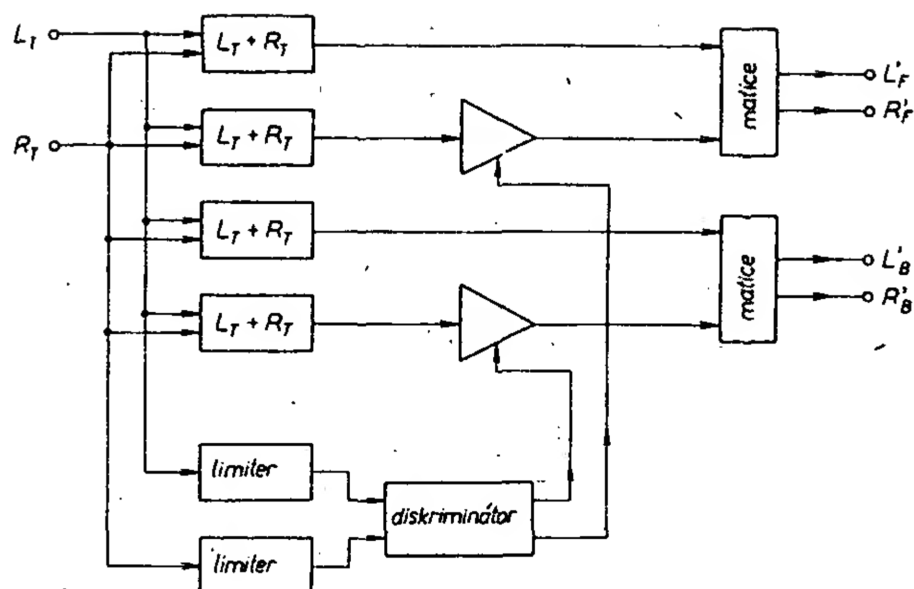
dostaneme výsledek $2{,}82R_F$.

Je ovšem jasné že tyto vztahy lze uplatnit jen tehdy, nejsou-li v přicházející informaci obsaženy signály zadních kanálů. Pokud by se však signály v těchto kanálech objevily, pronikly by přeslechem do předních kanálů a to v úrovni větší, než je úroveň signálů předních kanálů. Budeme-li však mít možnost měnit součinitel od nuly až do 2,41 a to v závislosti na tom, zda převládá úroveň předních anebo zadních signálů, zlepší se přeslechy mezi kanály natolik, že budou srovnatelné s přeslechy u diskrétních systémů. Ze způsobu změny součinitelů dekódovací matice byl též odvozen název logicky řízeného dekodéru pro systém QS, který se nazývá Variomatrix.

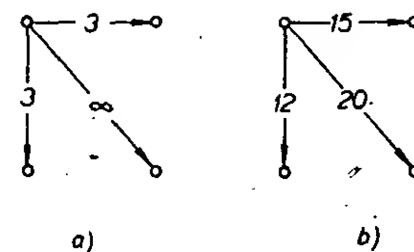
Jestliže by v přicházející informaci převládaly signály zadních kanálů, pak se musí součinitel, jehož velikost byla 2,41, blížit k nule. Dekodér typu Variomatrix je tedy řízen v závislosti na obsahu informací v předních anebo zadních kanálech. Je proto nutné vytvořit řídicí signál, který by plynule měnil součinitele podle naznačených vztahů. Podíváme se proto znovu na základní kódovací rovnice systému QS. Výrazy pro L_T a R_T obsahují vždy dvě skupiny vztahů, a to pro přední a pro zadní kanály. Lze z nich snadno odvodit, že jsou-li zakódovány pouze přední kanály, je L_T a R_T ve fázi. Jsou-li naproti tomu zakódovány pouze zadní kanály, je L_T a R_T v protifázi. Jestliže jsou informace v předních i zadních kanálech shodné, pak jsou zakódované signály vzájemně fázově natočeny o 90°. Fázové poměry mezi L_T a R_T v závislosti na obsahu informací jsou na obr. 19. Těchto fázových vztahů se používá k řízení dekodéru Variomatrix.



Obr. 19. Závislost fáze mezi L_T a R_T na obsahu předních a zadních signálů



Obr. 20. Blokové schéma dekodéru QS Variomatrix



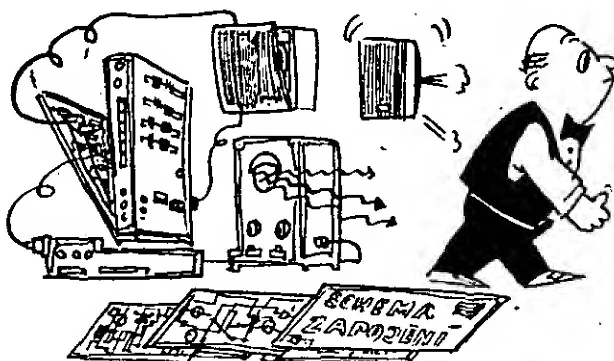
Obr. 21. Vývoj dekodérů QS z hlediska přeslechů (přeslechy v dB, signál je v hlavním směru L_F, platí pro všechny hlavní směry); a) základní dekodér, b) dekodér Variomatrix

Signály L_T a R_T jsou nejprve amplitudově omezeny, což je v podstatě jednodušší obdoba automatického řízení úrovně u logiky systému SQ. Oba tyto signály jsou pak přivedeny na fázový diskriminátor, jehož výstupní napětí je závislé na fázi mezi $L_T - R_T$ a ovlivňuje velikost součinitelů matice v dekodéru Variomatrix. Blokové schéma dekodéru Variomatrix je na obr. 20. Na obr. 21 je naznačen vývoj dekodérů QS a dosažitelné přeslechy u dekodéru v základním zapojení a dekodéru Variomatrix. I u tohoto dekodéru lze dosáhnout uspokojivých výsledků, podobně jako u dekodéru s tvarově srovnávací logikou systému SQ. Je tu však jeden zajímavý rozdíl. U systému SQ se ovlivňují přeslechy převážně změnou zesílení předních či zadních kanálů. Znamená to, že současně s potlačením přeslechových signálů se potlačují také signály, které do kanálů, v nichž bylo zmenšeno zesílení, patří. Dochází tedy při logickém řízení k určité ztrátě informací. Tuto nevýhodu dekodér Variomatrix nemá. Při jeho řízení jsou potlačovány pouze přeslechové signály. Kromě toho je při přibližně stejných výsledcích dekodér Variomatrix jednodušší, než dekodér SQ s tvarově srovnávací logikou. Jeho složitost odpovídá přibližně zapojení předozadní směšovací logiky systému SQ. Přitom je ovšem možné podobným způsobem jako u systému SQ rozšířit logiku dekodéru Variomatrix. Tak je možno ze signálů L_T a R_T získat informace, zda převládají signály levé nebo pravé strany a takto získaným řídicím signálem pak ovládat obvody, vytvářející další maticové součinitele.

V praxi se ovšem nejčastěji používá dekodér Variomatrix v jednodušším provedení, tak, jak bylo popsáno. Maticové součinitele se však nemění v rozsahu od nuly až do 2,41, avšak pouze v rozsahu asi od 0,3 do 2,0. Proto mají přeslechy na obr. 21 konečné hodnoty, ačkoli z matematické úvahy vyplývají přeslechové signály nulové. Pro dekodér Variomatrix vyrábí firma Hitachi tři typy integrovaných obvodů. V integrovaném dekodéru jsou pak použity dva integrované obvody HA1327 jako omezovače a fázové diskriminátory, jeden HA1328 jako vlastní řízená matice a jeden HD3103PA jako čtyřnásobný regulátor zesílení. Tyto integrované obvody se však prozatím dodávají pouze továrním výrobcům dekodérů Variomatrix. V maloobchodě se dosud nikde neprodávají.

Shrneme-li vlastnosti systému QS Sansui z hlediska amatérské realizace, můžeme říci, že v počátečním stadiu kvadrofonie u nás bude u většiny amatérů převažovat snaha postavit si dekodér pro systém SQ Columbia a nikoli pro systém QS Sansui. Jednoznačné rozhodnutí bude ovšem velmi obtížné. I když gramofonové desky naší výroby jsou kódovány systémem SQ Columbia, v zahraničí již existuje velké množství desek kódovaných systémem QS Sansui a mnozí amatéři je již i získali, nebo mohou získat. Současný celosvětový stav nedává příliš reálnou naději, že by v blízké budoucnosti došlo k dohodě o jednom určitém systému. Nelze s určitostí tvrdit, že to je pouze prestižní otázkou určitého výrobce, který vyvinul své zařízení a hodlá je stůj co stůj prosadit. To by byl jistě nesprávný pohled na celou záležitost, protože sjednocení na určitém systému v každém případě přináší rozšíření možností odbytu a to je prvořadou snahou každého výrobce, myslícího dopředu. Musíme si však zcela otevřeně přiznat, že situace v kvadrofonii je poněkud prozaičtější. On se totiž ještě neobjevil ten ideální způsob, který by podstatnou měrou omezoval všechny současné nedostatky existujících systémů, byl přitom relativně levný, umožňoval dobrou slučitelnost nejen se stereofonní, ale také s monofonní reprodukcí a především byl technicky snadno zvládnutelný. Nepochybujme ani na okamžik o tom, že kdyby se podobný systém kódování objevil, netrvalo by dlouho a všichni rozumní výrobci by ho převzali stejně, jako se tak již stalo v mnoha jiných případech dříve.

V současné době tedy existují čtyři základní kvadrofoní systémy; SQ Columbia, QS Sansui, CD-4 a konečně systém UD-4 (QMX), který bude popsán v následujícím odstavci. Tato situace je ovšem pro uživatele velmi chaotická, obzvláště v těch oblastech světa, kde je možnost získat libovolnou desku a požadovaný titul je shodou okolností nahrán právě jiným systémem, než jaký umožňuje reprodukovat jeho zařízení. Proto již dnes existuje řada reprodukčních zařízení, které umožňují reprodukovat gramofonové desky nahrané různými systémy. Obsahují obvykle přepínatelný dekodér pro systémy SQ a QS a ve formě přídavné jednotky často i dekodér CD-4. Firma Nippon Columbia vyvinula přepínatelný dekodér pro všechny čtyři v současné době existující systémy. Toto zařízení je ovšem velmi složité a jeho cena tomu také odpovídá. Jak vidíme, sjednocení kvadrofonního systému by prospělo nejen výrobcům, ale také uživatelům. V amatérských podmínkách bude pravděpodobně možné realizovat přepínací dekodér pro systémy SQ a QS. Zpočátku to bude patrně jen jednoduchá varianta dekodéru, ale s rozšířením integrovaných obvodů pro použití v těchto dekodérech bude v budoucnu možno počítat i s realizací přepínatelného dekodéru s logikou. To vše je ovšem otázkou budoucnosti, takže prozatím bude výhodné ponechat v kvadrofonním zesilovači místo pro připojení dalšího dekodéru pro jiný systém a tak rozšířit možnosti zařízení.



2. 5. Systém QMX (UD-4)

Dosud popsané maticové i diskrétní systémy je možno hodnotit jako značně propracované a dovedené k poměrně dobré kvalitě. Srovnáme-li vzájemně diskrétní systém CD-4 a maticové systémy SQ a QS, pak přes všechny rozdíly mají jedno společné: u všech jsou nějaké problémy. Systém CD-4 je velmi náročný a vyžaduje špičkovou techniku jak při záznamu, tak i při reprodukci. Z tohoto důvodu se pravděpodobně v dohledné době nijak podstatně nerozšíří. U maticových systémů jsou zase velké problémy s neúnosnými přeslechy a konstruktéři dekodérů činí všechno možné, aby tyto přeslechy potlačili na přijatelnou míru. Stručně řečeno, diskrétní systémy chtějí příliš mnoho po nás a my opět chceme příliš mnoho po maticových systémech. A na těchto úvahách pravděpodobně vznikla myšlenka nového systému, obchodně nazývaného UD-4. Jeho autoři, prof. Cooper a dr. Shiga vyšli z výhod diskrétních systémů i systémů maticových a navrhli systém nový, který do značné míry slučuje jak výhody diskrétních, tak i maticových systémů.

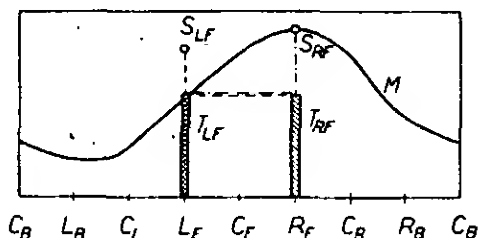
Podíváme-li se na kvadrofonní systém z hlediska přenosové informace (kupř. že třemi reproduktory umístěnými vzájemně po 120° lze již rovněž realizovat kruhovou informaci), zjistíme, že diskrétní systém přináší v zásadě nadbytečné informace, zatímco maticové systémy typu 4–2–4 jsou z hlediska přenosu kvadrofonní informace nedostačující. Přesto, že mezi původci základních systémů panuje značná názorová nejednotnost, některé zásady platí všeobecně. Jednou z těchto zásad je, že rozmístění reproduktorů vůči posluchači je prakticky neměnné, a že je při něm možno z hlediska lokalizace vytvořit takové akustické prostředí, že je v horizontální rovině bude lidský sluch přijímat jako akustické panorama. Přitom by směry přicházejících signálů – azimuty – měly co nejvěrněji odpovídat původnímu rozložení zvukových zdrojů. Je tedy třeba navrhnout takový kvadrofonní systém, u něhož by azimutální informace, kterou představuje původní rozložení zvukového pole, byla přenášena s minimální ztrátou. Toho lze při omezeném počtu reprodukčních cest (od reproduktorů k posluchači) dosáhnout tak, že reprodukovaný signál bude mít omezený azimutální harmonický obsah a přitom bude maximálně korelovat s originálním rozdělením akustického pole. Právě omezený harmonický azimutální obsah poskytuje záruku, že konečný počet azimutálních vzorků bude věrně odpovídat zdroji. Tyto azimutální vzorky pak použijeme k přenosu signálů, které budeme reprodukovat.

Azimutální korelace, tedy měřítko azimutální věrnosti kvadrofonních systémů, je základním požadavkem kvadrofonního systé-

mu prof. Coopera a dr. Shigy, nazývaného UMX, jehož částmi jsou kvadrofonní dvoukanálová matice BMX, tříkanálová matice TMX a konečně čtyřkanálová matice QMX. Všechny tyto matice jsou (z teoretického hlediska) optimální pro přenos maximální azimutální informace pro použitý počet kanálů a všechny v rámci svých možností umožňují správnou lokalizaci zvukových obrazů.

Při popisu tohoto systému si musíme nejprve objasnit pojmy a jejich vztahy, které byly ve všeobecném popisu použity. Teorie systémů UMX je z matematického hlediska velmi náročná a těžko srozumitelná, je však možné převést si některé části na „fyzikální názor", který je lépe pochopitelný. Musíme si především uvědomit, že v celé další úvaze nebudou přenášené signály S uvažovány jinak než v závislosti na jejich azimutu, tedy úhlu, ve kterém je posluchač slyší. Tento úhel bývá vztažen nejčastěji ke středu mezi R_F a R_B. Bude tedy azimut signálu R_F roven +45°, signálu L_F +135° apod. Z hlediska teorie signálů v matici UMX nás nebude zajímat harmonický obsah samotného signálu S, vždy však pouze azimutální harmonický obsah ve vztahu k azimutu Θ signálu S, tedy signál S_Θ. Toto upozornění je nutné proto, abychom si při výkladu nepletli pojmy harmonických složek signálu s harmonickým azimutálním obsahem.

Představme si nyní, že budeme směrovým mikrofonem snímat signál ve směru R_F. Mikrofon má směrovou charakteristiku M.

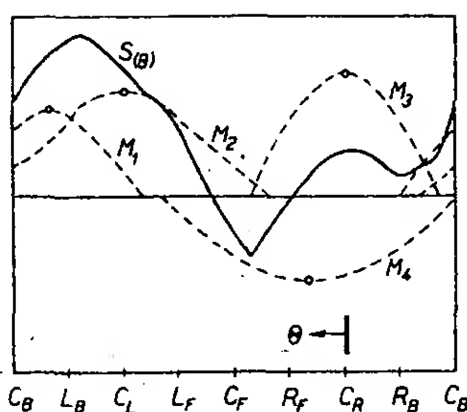


Obr. 22. Křivka citlivosti M pro zdroj signálu v L_F a jeden mikrofon směrovaný na R_F, popř. směšovací křivka M pro elektrické směšování signálu R_F do směru L_F

Z obr. 22 vidíme, že signál S ze směru L_F se objeví v přenosovém kanálu R_F s intenzitou T_{RF}, což lze napsat jako MS_{LF}, kde S_{LF} je intenzita zdroje a M je citlivost mikrofonu ve směru L_F (maximální citlivost je ve směru R_F). Jiné zdroje v jiných polohách rovněž vybudí přenosový kanál R_F úměrně směrové charakteristice M a celková intenzita signálu T_{RF} bude součtem těchto buzení. Je si třeba uvědomit, že směrová charakteristika M jakéhokoli mikrofonu je vždy taková, že nelze předpokládat, že při odchylce např. 90° od směru maximální citlivosti bude citlivost mikrofonu nulová. Lze naopak říci, že v celém rozsahu azimutu 360° bude vždy větší než nula.

Křivka M v obr. 22 může rovněž reprezentovat směšovací poměry při elektrickém směšování signálů do většího počtu kanálů. Lze si to představit tak, že signál S_{RF} je veden do kanálů R_F a L_F, přičemž křivka M určuje velikost směšování, které bude např. v kanálu L_F rovno T_{LF}, přičemž T_{RF} v kanálu R_F bude rovno S_{RF}. Tento směšovací diagram můžeme rozšířit i na směšování tří zdrojů signálu. Pro každý z nich je na obr. 23 vynesena čárkovaně vlastní směšovací křivka M. Součet těchto křivek pak odpovídá křivce, nakreslené plnou čarou. Představuje součet všech napětí, dosažených směšováním. Je označena S_Θ a znamená v podstatě kódovací matici pro každý směr azimutu. Tedy např. signál v azimutu L_F je dán v měřítku křivek M polohou křivky S_Θ nad nulovou osou.

Všimněme si nyní blíže vlastností křivek M a S_Θ. Křivka S_Θ je především spojitá, neboť



Obr. 23. Interpolační křivka S v závislosti na azimutu Θ jako součet směšovacích křivek M

je nutné, aby byl znám součinitel směšování pro každý možný zdroj v libovolném azimutu. Malá změna azimutu nesmí mít za následek náhlou velkou změnu tohoto součinitele. Křivka S_Θ je též periodická, protože znázorněný prostor je periodický a křivka M také závisí na azimutu, protože je jeho funkcí. Obě části obr. 22 a 23 můžeme považovat za válec, rozříznutý podle vertikální osy a rozvinutý naplocho. I když se jedná o zdánlivě triviální úvahu, musíme si uvědomit, že křivka M_Θ má základní maximum a určitou šířku kolem tohoto maxima. Jestliže bude tedy azimut přenosového kanálu náhodou souhlasit s azimutem zdroje, bude tento zdroj v tomto přenosovém kanálu nejsilnější. Šířka (rozpětí) křivky M_Θ je nezbytný předpoklad pro celkové směšování tak, aby každý zdroj signálu mohl dávat signál alespoň do jednoho kanálu.

Jak jsme již zjistili, je křivka S_Θ spojitá a periodická. Je o ní možno též říci, že zobrazuje omezený azimutálně harmonický obsah zdroje tak, že u žádného zdroje nevykazuje ostrý přechod a v jeho okolí se nekryje přesně s hodnotou zdroje. Toto omezení azimutálně harmonického obsahu je sice nezbytné pro směšování přenosových kanálů, neodpovídá však zcela původnímu zdroji. Jsou zde dva neslučitelné požadavky, které by byly splnitelné pouze za předpokladu nekonečného množství přenosových cest. Je tedy nutné tyto dva požadavky optimalizovat, to znamená najít minimum rozdílu mezi hodnotami zdroje, např. S_i a odpovídající hodnotu směšovací křivky S_Θ v azimutu zdroje S_i, tj. Θ_i. Musíme tedy najít dvojmoc průměrné hodnoty, což je

$$[S_i - S(\Theta_i)]^2.$$

Rozvedeme-li tento výraz, vidíme, že obsahuje dva kladné členy $|S_i|^2$ a $|S(\Theta_i)|^2$ a jeden člen záporný $-|2S\,S(\Theta_i)|$. Zvětšování tohoto záporného členu zmenšuje výslednou hodnotu celého výrazu. Přitom ovšem není možné měnit hodnotu tohoto výrazu změnou měřítka (směšovacích součinitelů) pro M_Θ a S_Θ, neboť celková průměrná energie signálu S musí zůstat konstantní.

Protože funkce S_Θ je periodická v závislosti na azimutu Θ, může být rozložena na základní azimutální harmonické složky pomocí Fourierova rozvoje, což lze v exponenciální formě napsat takto

$$S_\Theta = a_0 + c_1 \exp(j\Theta) + c_2 \exp(j2\Theta) + \ldots$$
$$+ c_{-1} \exp(-j\Theta) + c_{-2} \exp(-j2\Theta) + \ldots$$

Jestliže s interpolační funkcí S_Θ vykonáme již popsané úkony, tj. optimalizaci a omezení harmonického obsahu, dostaneme jako součinitele Fourierovy řady výrazy

$$a_0 = S_1 + S_2 + S_3 + \ldots$$
$$c_1 = S_1 \exp(-j\Theta_1) + S_2 \exp(-j\Theta_2) + \ldots$$
$$c_{-1} = S_1 \exp(j\Theta_1) + S_2 \exp(j\Theta_2) + \ldots$$
$$c_2 = S_1 \exp(-j2\Theta_1) + S_2 \exp(-j2\Theta_2) + \ldots$$
$$c_{-2} = S_1 \exp(j2\Theta_1) + S_2 \exp(j2\Theta_2) + \ldots$$

atd., kde počet součinitelů c_n se má rovnat počtu přenosových kanálů N.

Při azimutální harmonické syntéze (kódování) se tyto součinitele rovnají skutečným přenášeným signálům a jsou označeny takto $a_0 = T_\Sigma$, $c_1 = T_\Delta$, $c_{-1} = T_T$, $c_2 = T_Q$, atd. Nyní si blíže všimneme jednotlivých přenášených signálů. Součtový kanál T_Σ je z výrazu pro a_0 pouhým součtem všech signálů bez ohledu na azimut. Je tedy T_Σ všesměrový kanál a odpovídá ideální monofonní reprodukci. Všimněte si zde rozdílu proti jiným maticovým systémům, které Cooper nazývá neoptimální. Ani systém SQ a ani systém QS nepřenáší úplnou monofonní složku. Zadní kanály jsou u těchto systémů zeslabeny a C_B chybí vůbec.

Rozdílový kanál T_Δ je opět součtem všech přenášených signálů, každý signál je však fázově posunut tak, aby zůstával opožděn za svým protějškem v T_Σ o fázový úhel, který se rovná azimutálnímu úhlu pro tento zdroj. Rozdílovým jej nazýváme proto, že pomocí vztahů

$$T_\Sigma = T_R + T_L, \quad T_\Delta = T_R - T_L$$

se dosahuje slučitelnosti s běžnou stereofonií a T_Δ odpovídá rozdílovému stereofonnímu kanálu. Teoretická slučitelnost se stereofonií je tedy stoprocentní, a přeslechy nekonečně malé. Je ovšem nutno připomenout, že se v předchozí rovnici uvažují pouze stranové středové signály C_R a C_L a nikoli L_F a R_F. Mezi těmi je při stereofonní reprodukci přeslech 7,7 dB, což je zcela nepostačující. Přitom přeslech mezi předními kanály (tedy L_F a R_F) je nesporně rozhodující při stereofonní reprodukci.

Třetí přenosový kanál T_T je verzí T_Δ, avšak se sdruženými fázemi. Čtvrtý kanál T_Q obsahuje druhé azimutální harmonické jednotlivých signálů.

Celý tento složitý postup vysvětlování chtěl v podstatě ukázat zákonitosti tvorby přeneseného zvukového pole, tedy naznačit, co vše je třeba učinit, aby zvukové pole na straně posluchače bylo co nejshodnější s originálním zvukovým polem při záznamu. Podle předchozích popisů si můžeme snadno odvodit, že žádný z popisovaných kvadrofonních systémů nemusí dávat a také často nedává správný obraz zvukového pole prostě proto, že již při kódování nejsou dodržovány zásady kódování, které jsme tu – i když jen velmi povrchně – vysvětlili. Výhoda systému UMX je v tom, že reprodukovaný obraz zvukového pole se nemění, mění-li se počet přenosových kanálů. Mění se pouze ostrost lokalizace zdrojů zvuku.

Tak např. přenášíme-li pouze signály T_Σ a T_Δ a dekódujeme-li je maticí BMX, získáváme fázově správný zvukový obraz, přeslechy jsou ovšem neúnosně velké. Jestliže je zdroj umístěn v L_F, pak v R_F a L_B bude přeslech velký a to 3 dB. Přeslech v L_F bude naproti tomu nulový. Je to tedy zcela shodná situace, jako u systému QS Sansui. Rozdíl je pouze v tom, že fázové poměry matice BMX jsou symetrické. To v našem případě znamená, že považujeme-li fázi L_F za nulovou, bude fáze R_F rovna −45° a fáze L_B +45°, což znamená, že kanály R_F a L_B k lokalizaci spíše přispívají, než aby ji zhoršovaly. U systému QS je v tomto případě mezi L_F a R_F fáze nulová a mezi L_F a L_B je fáze 90°, což lokalizaci zhoršuje.

Přidáme-li k matici BMX kanál T_T, dostaneme matici TMX, u níž přeslechy mezi jednotlivými kanály jsou 9,5 dB a fázově opět přispívají k lokalizaci. Díky tomu je již systém TMX srovnatelnější s diskrétními systémy. Konečně přidáme-li T_Q, dostáváme diskrétní systém QMX s teoreticky nekonečně malými přeslechy mezi všemi čtyřmi reprodukčními kanály.

Úplné kódovací a dekódovací rovnice jsou poměrně jednoduché, musíme si však uvědomit, že se týkají pouze signálů s azimuty L_F, R_F, L_B a R_B a všechny ostatní signály musí být do těchto čtyř kódovány při dodržení všech

předchozích zásad, to je při omezení azimutálně harmonického obsahu a azimutální optimalizace. Pouze tak je možno dodržet shodu mezi originálním a reprodukovaným zvukovým polem. Kódovací rovnice pro signály v azimutech L_F, R_F, L_B a R_B vypadají takto

$L_T = (1{,}707 + j0{,}707)L_F + (1{,}707 + - j0{,}707)L_B + (0{,}293 + j0{,}707)R_F + (0{,}293 + - j0{,}707)R_B$,

$R_T = (1{,}707 - j0{,}707)R_F + (\acute{e}{,}707 + + j0{,}707)R_B + (0{,}293 - j0{,}707)L_F + (0{,}293 + + j0{,}707)L_B$.

Jde tedy o signály, které mají mezi sebou již zmíněný vztah

$$L_T + R_T = T_\Sigma,\; L_T - R_T = T_\Delta;$$

tedy

$T_\Sigma = 2L_F + 2L_B + 2R_F + 2R_B$,

$T_\Delta = (1{,}414 + j1{,}414)L_F + + (1{,}414 - j1{,}414)L_B + - (1{,}414 - j1{,}414)R_F + - (1{,}414 + j1{,}414)R_B$

a po úpravě součinitelů

$T_\Sigma = L_F + L_B + R_F + R_B$,

$T_\Delta = (1 + j)L_F + (1-j)L_B - (1-j)R_F - (1 +j)R_B$.

Signály T_T a T_Q jsou kódovány podle rovnic, nazývaných maticí CMX, takto

$T_T = (j - 1)L_F + (j + 1)R_F - (j + 1)L_B - (j - 1)R_B$,

$T_Q = j1{,}414L_F - j1{,}414R_F - j1{,}414L_B + j1{,}414R_B$.

Při dekódování do čtyř azimutů postupujeme u základní matice typu BMX takto

$L'_F = (1{,}707 - j0{,}707)L_T + (0{,}293 + j0{,}707)R_T$,

$R'_F = (0{,}293 - j0{,}707)L_T + (1{,}707 + j0{,}707)R_T$,

$L'_B = (1{,}707 + j0{,}707)L_T + (0{,}293 - j0{,}707)R_T$,

$R'_B = (0{,}293 + j0{,}707)L_T + (1{,}707 - j0{,}707)R_T$.

Po dosazení za L_T a R_T z kódovacích rovnic a vypočtení dostaneme

$L'_F = 4L_F + 2(1 - j)L_B + 2(1 + j)R_F$,

$R'_F = 4R_F + 2(1 - j)L_F + 2(1 + j)R_B$,

$L'_B = 4L_B + 2(1 - j)R_B + 2(1 + j)L_F$,

$R'_B = 4R_B + 2(1 - j)R_F + 2(1 + j)L_B$.

Vidíme, že výsledné matice typu BMX způsobí opět stranové přeslechy 3 dB s fází ±45° a (teoreticky) nekonečně malý přeslech v úhlopříčce.

Dekódovací matice CMX vypadá následovně

$L'_F = -(1 + j)T_T - j1{,}414T_Q$,

$R'_F = +(1 - j)T_T + j1{,}414T_Q$,

$L'_B = -(1 - j)T_T + j1{,}414T_Q$,

$R'_B = +(1 + j)T_T - j1{,}414T_Q$.

Po vypočtení dostaneme kupř. pro levý přední kanál

$L'_F = 4L_F - 2(1 + j)R_F - 2(1 - j)L_B$.

Sečteme-li nyní tento signál se signálem pro L'_F matice BMX, dostaneme výsledek matice QMX

$$L'_F = 8L_F.$$

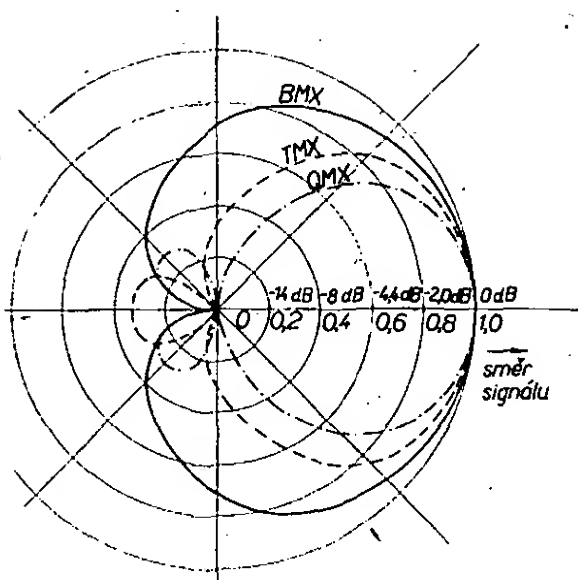
Výsledkem je tedy diskrétní přenos všech čtyř kanálů, přičemž přeslechy mezi jednotlivými kanály jsou teoreticky nekonečně malé.

K přenosu je též možno použít pouze signál T_T a signál T_Q vypustit, matice je pak označována jako TMX. Pak při zachování kódování a dekódování CMX bude výsledek např. pro levý přední kanál

$L'_F = 6L_F + 2L_B + 2R_F - 2R_B$.

Přeslechy budou tedy 9,5 dB, což je postačující. Pro přehled jsou na obr. 25 nakresleny směrové charakteristiky systémů BMX, TMX a QMX v závislosti na azimutu. Izde je vidět, že systém QMX je zcela diskrétní a systém TMX je velmi dobrý. Na obr. 26 je pak znázorněno složení charakteristiky QMX z křivek pro BMX a CMX. U systému CMX mají oba zadní laloky proti přednímu obrácenou fázi.

Na předchozích kódovacích a dekódovacích rovnicích jsme si ukázali univerzálnost matic UMX, neboť základní matici BMX lze postupně rozšířit až ke zcela diskrétnímu přenosu v systému QMX. Opakujeme znovu, že se při tomto postupu pouze zvětšuje ostrost lokalizace a při přechodu na jiný typ

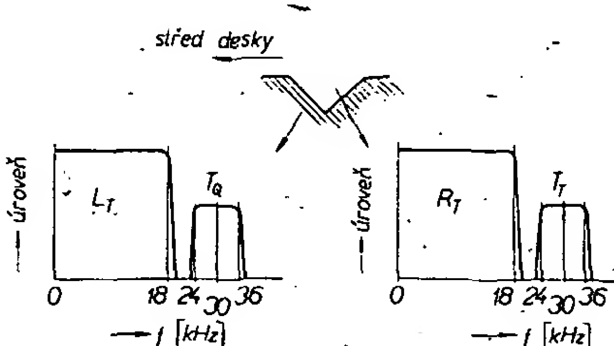


Obr. 25. Směrové charakteristiky systémů BMX, TMX, QMX a dosažitelné přeslechy v závislosti na azimutu

kódování nedochází ke změnám polohy zdroje.

Dalším důležitým poznatkem je, že „zaostřující" kanály T_T a T_Q mohou být omezeny na pásmo pouze do 3 kHz, aniž by to rušivě ovlivnilo ostrost lokalizace. Toto důležité zjištění podstatně zjednodušuje přenos těchto kanálů.

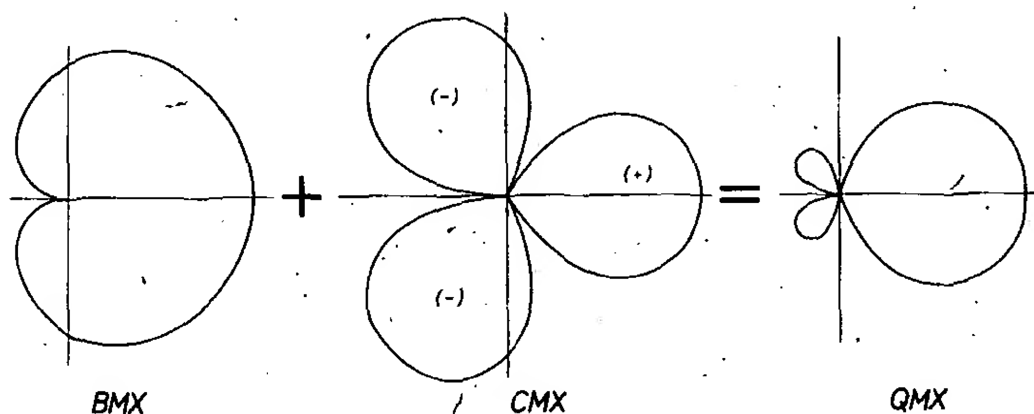
Tím se vlastně dostáváme k vlastnímu systému UD-4, který v podstatě představuje technickou interpretaci matice QMX, anebo s omezením v podobě TMX záznam na gramofonových deskách. Principiálně se tento systém velmi podobá systému CD-4, protože i u systému UD-4 jsou signály L_T a R_T nahrávány nízkofrekvenčně. Signály T_T a T_Q jsou i zde namodulovány na pomocný kmitočet 30 kHz. Oproti systému CD-4 mohou však mít užší přenosové pásmo asi do 5 kHz, takže potřebný kmitočtový rozsah na desce je asi do 36 kHz. Dolní mezní kmitočet této superponované složky je tedy asi 24 kHz, takže můžeme bez nebezpečí interferencí rozšířit nízkofrekvenční pásmo základních signálů až do 18 kHz (obr. 24). Další zlepšení odstupu rušivých napětí u superponovaného kanálu umožnila skutečnost, že toto přenášené pásmo mohlo být z původních 15 kHz (u systému CD-4) zúženo na 6 kHz. Toto zúžení způsobilo zvětšení odstupu asi o 12 dB. Proto bylo možno také vynechat kompresi a expanzi dynamiky, která byla nutná u systému CD-4. Menší šířka přenášeného pásma umožnila také zvětšit záznamovou úroveň, což opět znamená zvětšení odstupu.



Obr. 24. Kmitočtová pásma v obou stěnách drážky desky UD-4 (QMX)

Všechny tyto vlastnosti znamenají jak na nahrávací, tak i na reprodukční straně podstatné zmenšení nároků na jakost použitého zařízení, což je v podstatě největší výhodou tohoto systému. Snímky lze přehrávat na běžném stereofonním zařízení; použijeme-li dekodér typu BMX, pak získáme levné, avšak méně jakostní kvadrofonní zařízení, při použití dekodéru TMX pak reprodukci s téměř diskrétním účinkem. Pro největší nároky umožňuje tento systém použít i dekodér QMX.

Z tohoto poněkud obtížně srozumitelného výkladu vyplývá, že popsaný systém je velmi kvalitní, má však jednu velkou nevýhodu. Přišel poměrně pozdě. V době jeho vzniku byly již zavedeny systémy CD-4, SQ i QS a není asi tudíž velká naděje, že by se systém UD-4 uplatnil ve větším měřítku.



Obr. 26. Vytvoření matice QMX součtem matic BMX a CMX, znázorněné křivkami směrových charakteristik. U CMX jsou zadní laloky v protifázi vůči přednímu

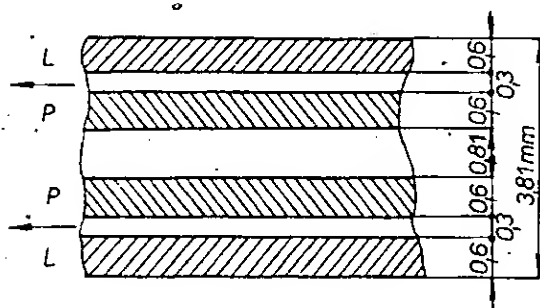
2. 6. Kvadrofonie a magnetofon

Kvadrofonní záznam maticového signálu v kódu SQ nebo QS lze bez mimořádných obtíží nahrát na běžný sterofonní magnetofon. Použitý přístroj však musí být jakostní a musí splňovat určité kvalitativní požadavky po stránce souběhu kmitočtové charakteristiky a souběhu charakteristik fázových. Praxe ukázala, že zatímco při reprodukci stereofonního signálu postačuje průběh kmitočtové charakteristiky v rozmezí 2 až 3 dB, pro kvadrofonní záznam a reprodukci musí být největší odchylka menší než asi 1,5 dB. Tato podmínka platí alespoň pro pásmo 100 až 8000 Hz. Záznamové a reprodukční kanály musí však také vyhovovat z hlediska fázové odchylky, která nesmí vzájemně přesáhnout asi 10°. Taková odchylka ovšem vyhovuje pouze pro první přepis. Dalším přepisem se odchylka zvětšuje a výsledkem je pak změna lokalizace. Pokud by bylo nutné na určitém magnetofonu pořizovat takové záznamy, které by měly umožnit ještě další kopírování, bylo by třeba zpřísnit požadavek vzájemného fázového souběhu na ±5°. Je-li přístroj vybaven obvody pro zmenšení šumové úrovně jako kupř. DOLBY nebo DNL, nemusí to být ani při kvadrofonním záznamu na závadu, pokud ovšem tyto obvody nezhoršují výsledné kmitočtové nebo fázové vlastnosti magnetofonu.

Záznam diskrétních systémů kvadrofonního signálu je již poněkud náročnější, především proto, že vyžaduje jiný magnetofon. K tomuto účelu se hodí pouze magnetofon, který umožňuje současný záznam čtyř oddělených kanálů. U cívkových magnetofonů to předpokládá použít čtyřstopý záznam, využívající celé šířky standardního pásku. Pro

záznam diskrétních systémů kvadrofonie lze tedy použít cívkový přístroj, umožňující záznam do čtyř oddělených stop. Horší situace však je u magnetofonů kazetových. Ani u těch není velkým problémem záznam pořízený systémem SQ nebo QS, tedy systémem maticovým, pokud použitý magnetofon je vyšší jakostní třídy a splňuje požadavky na souběh charakteristik a fází tak, jak bylo naznačeno. S velkými potížemi je však spojen záznam diskrétních systémů, jako kupř. CD-4 nebo UD-4.

Standardní uspořádání stop u stereofonního kazetového magnetofonu je na obr. 27.



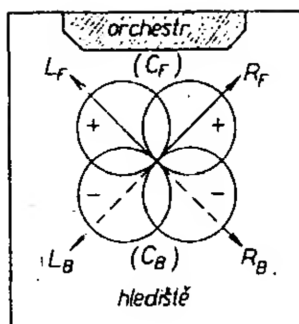
Obr. 27. Umístění stop při čtyřkanálovém záznamu u kazetového magnetofonu

Z něho vidíme, že prakticky jediným řešením by bylo – podobně jako u přístrojů cívkových – využít celé šíře pásku pro čtyřkanálový záznam. Proti tomu se však tvrdě staví někteří výrobci, jako kupř. Philips, protože u kazet chtějí v každém případě zachovat kompatibilitu kvadrofonních a stereofonních nahrávek a kromě toho by bylo nutné po přehrání pásek vždy převíjet zpět, čímž by byla anulována jedna z hlavních výhod kazet. Teoreticky je též uvažováno o záznamu signálu v kódu UM-4 s pomocným nosným kmitočtem 30 kHz, znamenalo by to však zajistit kmitočtový rozsah kazetového magnetofonu minimálně do 36 kHz, což je prozatím zcela nereálné.

2. 7. Pseudokvadrofonie

Zcela obdobně jako v počátcích stereofonie, kdy se objevovaly různé systémy, umožňující z monofonní reprodukce získat tzv. pseudostereofonní reprodukci, tak i nyní, v počátcích kvadrofonie se objevují nejrůznější systémy, jejichž cílem je získat ze stereofonní reprodukce reprodukci pseudokvadrofonní. Všechny tyto snahy jsou poznamenány jediným cílem – stále něco zlepšovat, nebo alespoň doplňovat a měnit. Přitom stojí ovšem za pozornost, že vše nové, co přišlo, bylo doprovázeno reklamou, že jde o definitivní vyřešení minulých problémů. Při monofonní reprodukci byly hledány nejrůznější způsoby, jak dosáhnout toho, aby reprodukce „nevycházela z jediného bodu". Byla realizována různá zapojení jako 3D, 4R apod., jejichž cílem bylo rozložit výsledný akustický obraz na plochu, lépe a přesněji řečeno do přímky. Tato snaha byla velmi obtížná, protože jednokanálová reprodukce neobsahuje směrovou informaci a jedinou její úpravou může být pouze obrácení fáze u přídavných reproduktorových systémů, což ovšem i samo o sobě může vyvolat dojem jakési pomyslné prostorovosti. Tohoto jevu se ostatně využívá též mnohdy ve stereofonii a zákonitě i kvadrofonii. Přitom však v žádném z těchto případů nelze hovořit o seriózním přístupu k věci z čistě technického hlediska. Naštěstí lidské ucho podobné problémy neregistruje a vyhodnocuje výsledný vjem, který v některých případech může být dosti efektní – a o to ve většině případů jde.

Stereofonní signál může ovšem za určitých okolností obsahovat i některé složky, z nichž je možno získat informace o poloze zdrojů



Obr. 28. Možnost, jak získat prostorové informace ze stereofonního záznamu technikou X-Y

signálů, přicházejících zezadu. Je to v případě, použijeme-li k záznamu dva mikrofony s osmičkovou charakteristikou, umístěné v jednom bodu a vzájemně natočené v horizontální rovině o 90°, tedy záznam stereofonní technikou X–Y. Tato situace je patrná z obr. 28. Je z něho zřejmé, že oba mikrofony snímají informaci jak z prostoru před sebou, tak i za sebou a kódují ji takto

$$L_T = L_F - R_B,$$
$$R_T = R_F - L_B.$$

Jde sice o běžný stereofonní záznam a přesto jsou v něm obsaženy vlastně i kvadrofonní informace. Převedeme-li nyní oba stereofonní kanály na součtový a rozdílový, dostaneme

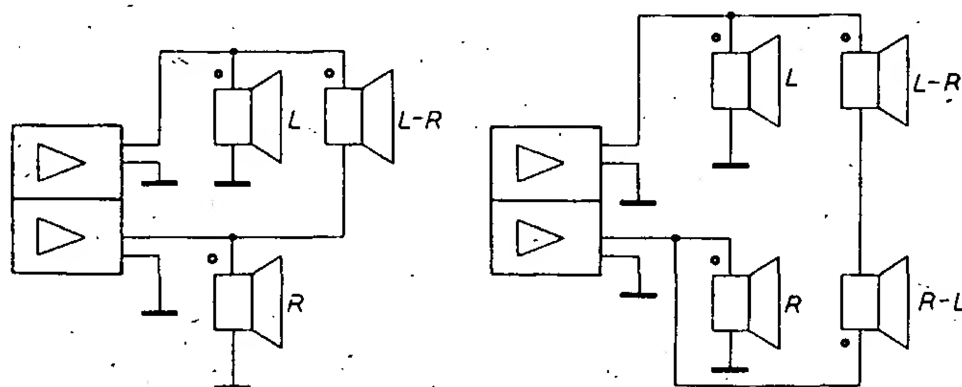
$$L_T + R_T = L_F + R_F - L_B - R_B,$$
$$L_T - R_T = L_F - R_F - R_B + L_B.$$

Zavedeme-li nyní zjednodušující předpoklad, že na přední bázi převládá středový signál, že tedy $L_F = R_F$, můžeme ze signálu $L_T - R_T$ získat pouze zadní kanály a to L_B se správnou fází a R_B s opačnou fází. Signál R_B se správnou fází můžeme zcela obdobně získat z výrazu $R_T - L_T$. To již naznačuje možné zapojení pro pseudokvadrofonní reprodukci, které se vyskytuje v mnoha obměnách, avšak na stejném základním principu. Po „dekódování" dostáváme

$L_F = L$, $R_F = R$,
$L_B = L - R$, $R_B = R - L$.

Zde již není použita symbolika L_T a R_T, neboť se jedná o dva stereofonní kanály, běžně označované jako L a R. K získání obstojných výsledků se však předpokládá nahrávací technika X–Y, i když je možno získat určitý prostorový dojem i z desek, pořízených jinou technikou. Zcela nevhodný je však tento způsob pro stereofonní nahrávky pořizované elektronickou cestou (což je převážná většina desek s taneční hudbou). Z toho je vidět, že pro pseudokvadrofonní reprodukci jsou vhodné pouze některé nahrávky. Velmi rušivě působí např. nahrávky se sólovými zpěváky, avšak ani to nelze říci zcela obecně.

Podívejme se nyní na způsob, jakým můžeme získat rozdílové signály ze stereofonního signálu. Nejjednodušší formou je již známá reproduktorová matice, využívající jediného zesilovače ve stereofonním provedení. Její základní zapojení je na obr. 29.

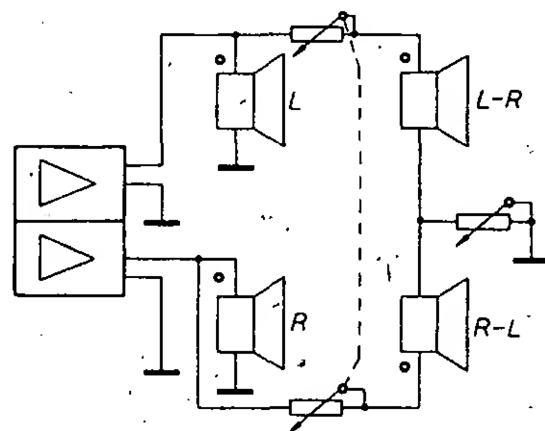


Obr. 29. Nejjednodušší reproduktorová matice se třemi (a) a čtyřmi (b) reproduktory

Z tohoto zapojení je zřejmé, že je-li signál L roven signálu R, pak napětí na výstupech pro reproduktory bude mít stejnou úroveň a tedy na reproduktorech zapojených mezi tyto výstupy, bude napětí rovno nule. Přídavné reproduktory proto nebudou hrát. Tím je tedy realizována rovnice L – R, případně po obrácení polarity jednoho ze zadních reproduktorů rovnice R – L.

Na stereofonní zesilovač použitý pro popsané zapojení jsou ovšem kladeny určitě nároky. Především je třeba vzít v úvahu, že přídavné reproduktory zmenšují zatěžovací impedance obou výstupů, což by mohlo mít při maximálním vybuzení zesilovačů za následek poškození (nebo zničení) koncových stupňů zesilovače.

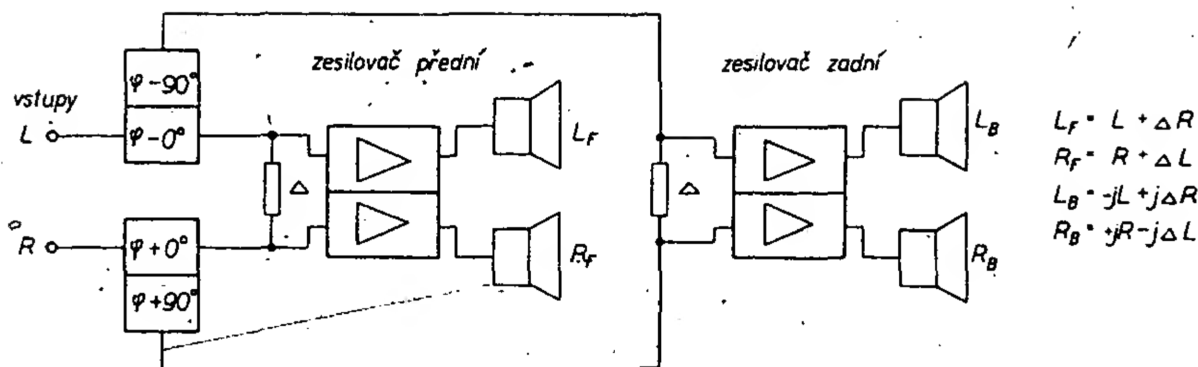
Zapojení na obr. 29 je ovšem značně nedokonalé. Neumožňuje řídit nezávisle hlasitost zadních reproduktorů, tedy jejich vyvážení vůči předním reproduktorům. Stává se totiž, že je stereofonní zvukový obraz stlačen do středu a v takovém případě zadní reproduktory nehrají vůbec. Pro takový případ lze přivést část předních signálů na zadní reproduktory, vytvořit tedy jakýsi umělý předozadní přeslech. To umožňuje zapojení na obr. 30. Dvojitým potenciometrem (asi 20 Ω) se řídí hlasitost zadních reproduktorů



Obr. 30. Reproduktorová matice s řízením hlasitosti a předozadních přeslechů

a jednoduchým potenciometrem, zapojeným mezi oba zadní reproduktory a zem, se řídí velikost předozadního přeslechu. Tento potenciometr mívá asi dvojnásobný odpor proti tandemovému. Zmenšíme-li odpor tohoto potenciometru na nulu, reprodukují zadní reproduktory – sice slaběji – tentýž signál, jako reproduktory přední.

Dalším stupněm pseudokvadrofonní reprodukce může být potlačení rozdílových složek v předních kanálech. Toho lze dosáhnout obdobně jako u systému SQ tak, že zavedeme mezi předními kanály přeslech. Nepříznivě působí, že stranové signály (např. L_F a L_B) jsou fázově posunuty o 180°, což v zadní bázi působí rušivě. Proto se zavádí v zadních kanálech fázový posuv, a to tak, že je fáze v jednom z nich posunuta o +90°, ve druhém o −90° proti předním kanálům, což opět ve výsledku dává v zadních kanálech posuv 180°, který je nutný pro odečítání signálů. Blokové schéma takového pseudokvadro-



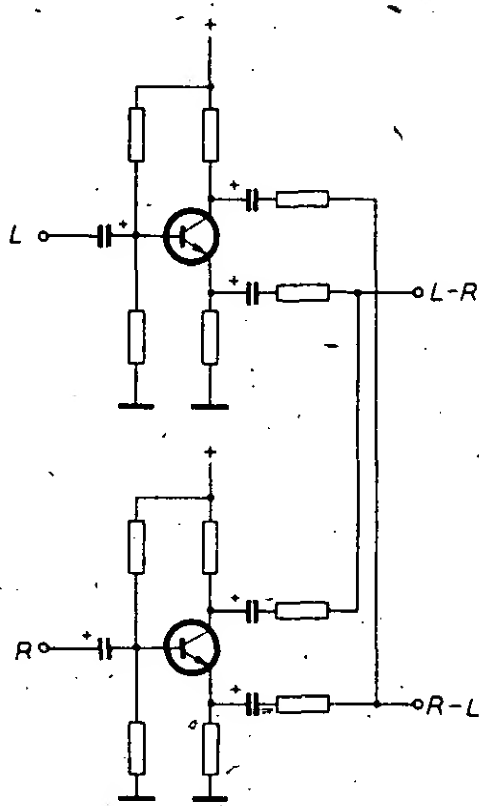
Obr. 31. Zapojení se dvěma stereofonními zesilovači a posuvem fáze

fonního dekodéru je na obr. 31. Je zde již použit samostatný stereofonní zesilovač pro zadní kanály, což je spolehlivější, než reproduktorová matice. Celé zapojení nápadně připomíná dekodér systému QS a za předpokladu, že $k = 0{,}414$, je s ním zcela identické. Tvrzení firmy Sansui, že dekodér QS je velmi vhodný pro pseudokvadrofonii se tedy zdá mít své oprávnění.

Při pseudokvadrofonní reprodukci se též často používá umělý dozvuk. K tomu se obvykle používá dosud neupravený stereofonní signál, který je částečně zeslaben a pak je mu přidán umělý dozvuk, vytvořený obvykle poměrně levným pružinovým zařízením. Tento signál je pak reprodukován zadními kanály. V uvedeném zapojení již tedy nepoužíváme pouze původní informace získané ze stereofonního signálu, ale přidáváme další, získanou uměle. I když tedy posluchač dostává novou informaci, která v původní nahrávce nebyla, může být dosaženo zajímavých výsledků.

Vyvrcholením snahy o pseudokvadrofonní reprodukci je patrně kvadrofonní syntetizér firmy Sansui QS–1. Toto zařízení umožňuje měnit způsob pseudokvadrofónní reprodukce podle osobního vkusu posluchače, což umožňuje učinit ji ve značné míře přijatelnou pro nejrůznější způsoby nahrávek. Základem tohoto syntetizéru je maticová část běžného dekodéru systému QS. Za ním jsou zařazeny další obvody pro úpravu signálů v zadních kanálech. Kromě běžně používaného obvodu pro vytvoření fázového posuvu je zajímavý zejména fázový modulátor, který s kmitočtem 8 a 9 Hz mění fázi zadních kanálů a to ve značném rozsahu, čímž se dosáhne obdobného efektu, jako umělým dozvukem. Další obvody pak skokově upravují kmitočtovou charakteristiku zadních kanálů a to buď u obou kanálů společně, nebo též u každého jinak – to vše podle volby posluchače. K syntetizéru se pak připojí kvadrofonní zesilovač, nebo dva zesilovače stereofonní. (Jak je vidět, posluchači jsou zde poskytnuty mnohostranné možnosti; aby podle vlastního vkusu či nevkusu dokončil to, na co zřejmě hudební a techničtí odborníci ve studiu nestačili. Lze se právem domnívat, že uživatel podobného zařízení by již nikdy neměl navštívit skutečný živý koncert, aby se nedožil trpkého zklamání. *Pozn. red.)*

Zapojením podle obr. 29 nebo popisem syntetizéru jsme se dostali k těm nejkomplikovanějším řešením pseudokvadrofonních dekodérů. S podobnými dekodéry i s jejich jednoduššími verzemi se setkáme i v těch komerčních nízkofrekvenčních zesilovačích, u nichž se signály pro zadní kanály vytvářejí již v napěťové části zesilovače. Na takový dekodér pak navazuje obvykle čtyřkanálový zesilovač, který je možno použít i pro skutečnou kvadrofonii, dostává-li signál z kvadrofonního dekodéru. Ukázka, jak lze získat rozdílový signál, je na obr. 32. Jedná se o rozdílovou část obvodu pro řízení stereofonní báze. Podobný, avšak komplikovanější dekodér bude podrobně popsán v konstrukční části tohoto příspěvku.



Obr. 32. Zapojení pseudokvadrofonního dekodéru s rozdílovými signály

3. Konstrukce dekodérů

Jestliže jsme se v předchozích kapitolách zabývali jednotlivými kvadrofonními systémy pouze z hlediska jejich funkce, nikoli konstrukce, bylo to pouze proto, abychom při konstrukci dekodérů nemuseli pracně vysvětlovat principy činnosti jednotlivých obvodů nebo jejich sestav. V této konstrukční části AR-B si popíšeme realizaci dekodérů systémů SQ a QS. Systémy s pomocnými nosnými kmitočty popisovat nebudeme, ne snad proto, že by byly příliš náročné, spíše však proto, že pro systémy CD-4 nebo UD-4 u nás prozatím nejsou a asi brzy ani nebudou k dispozici ani desky, ani přenosky; navíc nelze ani tvrdit, že by v celosvětovém měřítku bylo možno říci o těchto systémech, že jsou zavedené a beze zbytku technicky vyřešené. Pro názornost: pokud jde o složitost systémů CD-4 nebo UD-4, lze ji srovnat se složitostí běžného stereofonního dekodéru pro FM rozhlas. Naproti tomu mnoho světových výrobců vybavuje své zesilovače maticovými dekodéry, od těch nejjednodušších až po dekodéry s nejsložitějšími typy logického řízení.

Amatérská realizace kvadrofonního dekodéru pro maticové systémy nemusí být nijak zvlášť náročná. Základní dekodéry jsou obvykle poměrně jednoduché a s jejich konstrukcí nebývají zvláštní potíže. Složitější je situace u dekodérů s logikou, především tehdy, jsou-li konstruovány z diskrétních součástek. Avšak i v tomto druhém případě je možno říci, že se nezvětšují ani tak nároky na konstrukci a nastavení, jako spíše na množství potřebného materiálu.

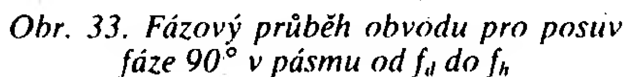
Hlavním zásadním rozdílem proti konstrukci stereofonních zařízení je nutnost poněkud jiné součástkové základny (ke konstrukci kvadrofonních dekodérů). Nejde přitom o zvláštní nebo nové typy součástek, ale spíše o jejich přesnost. Do většiny obvodů kvadrofonního dekodéru (především se jedná o fázovací články a vlastní odporovou matici) je nutno používat odpory a kondenzátory s maximální tolerancí ±5 %. Je tedy třeba valnou část těchto součástek vybírat. Pro amatéra to obvykle znamená určité potíže; ke zdárnému dokončení práce bude však co nejpřesnější měřič odporů a kondenzátorů naprosto nezbytný. Druhy použitých odporů a kondenzátorů v následujících konstrukčních návodech jsou však zcela běžné – miniaturní odpory jsou převážně typu TR 112a, kondenzátory jsou styroflexové, polystyrenové a MP na co nejmenší provozní napětí. I polovodičové prvky jsou zcela běžné – většinou jsou použity běžné nízkofrekvenční tranzistory (křemíkové) z řady KC, např. KC507 až 509, popř. tytéž tranzistory v pouzdrech z plastické hmoty, KC147 až 149. Většinou bude zcela lhostejné, které z uvedených typů použijeme. Na výjimky z tohoto pravidla je vždy upozorněno. Poněkud horší je situace u tranzistorů p-n-p, které jsou v některých zapojeních použity. Obvykle jsou v těchto případech použity zahraniční komplementární tranzistory ke KC507 (KC147) až KC509 (KC149), tedy BC117 až 179, nebo BC147 až 149. Tyto tranzistory však nejsou zatím u nás běžné v prodeji. Mezi amatéry je sice možné je sehnat, není to však pravidlem. Určitou možností je použít jediný u nás prodávaný tranzistor p-n-p malého výkonu KF517, ten však má pro mnohé aplikace příliš malý proudový zesilovací činitel. Přesto je ho však možné většinou použít. Použít lze i tranzistor KFY18, jehož proudový zesilovací činitel je poněkud větší, než zesilovací činitel KF517. V poslední době však začali vyrábět tranzistory p-n-p v Polsku (ekvivalenty typů BC177 až 179). Tranzistory jsou dobré jakosti a mají se dovážet i do naší republiky – je tedy naděje, že je bude možno používat v amatérských konstrukcích.

Pokud jde o technické parametry, není kvadrofonní dekodér nijak choulostivé zařízení. Vcelku bez problémů lze kvadrofonní dekodér konstruovat v jakosti Hi-Fi, protože obvykle jde o zařízení s celkovým zesílením jedna. Úroveň vstupních a výstupních signálů se pohybuje od asi 0,2 do 1 V, parametry jako je šum a odstup rušivých napětí nebudou při konstrukci dělat tedy potíže. Nelineární zkreslení bývá také velmi malé, i když je třeba počítat se správným nastavením pracovních bodů tranzistorů, jako nutným předpokladem k dosažení malého zkreslení. Musíme si totiž uvědomit, že dekodér musí zpracovat bez zkreslení několikanásobně větší vstupní napětí, než je jmenovité. Dekodér bývá totiž umístěn před regulátorem hlasitosti a v těchto místech zařízení může být napětí signálu až asi třikrát větší, než je jmenovitá úroveň. Norma pro Hi-Fi přístroje DIN 45 500 předepisuje, že stupně zesilovače před regulátorem hlasitosti musí přenést bez přídavného zkreslení čtyřikrát větší vstupní napětí, než je jmenovité. Naše norma ČSN 36 7420 předepisuje pro uvedené stupně zesilovače, že musí přenést pětkrát větší vstupní napětí než je jmenovité, přičemž nelineární zkreslení se může zvětšit o 100 %. To při jmenovité úrovni vstupního napětí 770 mV znamená, že stupně musí přenést napětí na vstupu až 4 V. Proto je třeba napájet dekodéry poměrně velkým stejnosměrným napětím, okolo 30 V, aby byla jakost vstupního signálu co nejméně ovlivněna průchodem dekodérem.

Kmitočtový průběh signálu je parametrem, který je dekodérem obvykle zhoršen. Je to proto, že obvody pro posuv fáze způsobují zvlnění amplitudové kmitočtové charakteristiky. Nejde však o zúžení přenášeného pásma, ale o zvlnění v oblasti obvykle středních kmitočtů. I když se nejedná o velké odchylky, obvykle o 2 až 4 dB, jde o nezvyklý jev a nesmí nás to při měření dekodéru překvapovat. Na výsledný dojem z reprodukce nemá tento jev obvykle žádný vliv, nelze ho postřehnout (sluchem).

Velmi závažným parametrem je u kvadrofonních dekodérů fázová charakteristika v závislosti na kmitočtu. Považoval-li se u stereofonie fázový rozdíl mezi kanály do 45° za ještě únosný a fázová charakteristika se vlastně vůbec nekontrolovala, znamená u maticové kvadrofonie fázový posuv (chyba) 20 až 25° úplnou změnu lokalizace a vytváření falešných zvukových obrazů. Z toho jasně vyplývá, že bude třeba používat pro obvody k posuvu fáze správné součástky se správnými tolerancemi a výsledek kontrolovat měřením, které si podrobně popíšeme později. V opačném případě bychom mohli totiž snadno poslouchat něco, co by vůbec nebylo kvadrofonní reprodukcí.

Všeobecně lze tedy říci, že v konstrukci kvadrofonních dekodérů nejsou žádné zvláštní záludnosti – může se do nich pustit každý průměrně vyspělý amatér, který se zabývá nízkofrekvenční technikou. K usnadnění konstrukce přispívá i to, že všechny dekodéry jsou na deskách s plošnými spoji – budete-li správně pájet, použijete-li správné, nepoškozené a změřené součástky a budete-li pracovat pečlivě, nemůže při stavbě dekodérů dojít k vážnějším komplikacím.



Obr. 33. Fázový průběh obvodu pro posuv fáze 90° v pásmu od f_d do f_h

3. 1. Jednoduchý dekodér SQ

I když je popisovaný jednoduchý dekodér jednou z nejjednodušších verzí dekodéru SQ, jedná se o zařízení, které má 12 tranzistorů, což není právě málo. Vůbec lze říci, že po ekonomické stránce znamená stavba kvadrofonního zařízení značné finanční oběti a je třeba vždy pečlivě volit mezi „chutí" na složité zařízení a finančními možnostmi.

Dříve, než se pustíme do vlastního popisu dekodéru, musíme si ještě něco povědět o obvodech pro posuv fáze 90°. Tyto obvody se používají (kromě CD-4) prakticky u všech systémů kvadrofonie. Nebudeme popisovat jednotlivé varianty obvodů; v této, konstrukční části AR-B si popíšeme pouze konkrétní obvody. Jisté je, že obvod pro posuv fáze 90° bude vždy podstatně složitější, než obvod pro posuv 180°, který lze realizovat např. zesilovačem s tranzistorem, zapojeným se společným emitorem. Tak jednoduchý, kmitočtově nezávislý obvod pro posuv fáze 90° realizovat nelze. Jak je známo, fázový posuv 90° nastává u článku RC na mezním kmitočtu. Jsou známy i fázovací články, které mění fázi plynule v závislosti na kmitočtu a zachovávají přitom konstantní amplitudu signálu. A právě tyto fázovací články v poněkud složitější formě se používají pro posuv fáze 90°. Základem je skupina fázovacích článků, které mění v kmitočtovém pásmu např. 20 Hz až 20 kHz fázi plynule od nuly asi do 540°, přičemž amplituda výstupního napětí zůstává neměnná. Pro konstantní, kmitočtově nezávislý posuv 90° se používají vždy dvě takové skupiny fázovacích článků, které mají stejný průběh fáze, ale různé mezní kmitočty, zvolené tak, aby rozdíl fázového posuvu byl právě 90° (mezi oběma skupinami) v celém kmitočtovém rozsahu, požadovaném pro funkci zařízení. Na obr. 33 je idealizovaný průběh fáze v závislosti na kmitočtu dvou fázovacích článků (skupin), na jejichž výstupu dostaneme signál s požadovaným posuvem fáze. Amatéři, kteří pracují s technikou SSB, jistě již přišli s těmito obvody do styku; v kvadrofonní technice však nejsou tak přísné nároky na tolerance součástek. V praxi kolísá šířka pásma, v níž dochází k posuvu 90°, v rozmezí od 20 Hz až 20 kHz do 150 Hz až 10 kHz a tolerance posuvu fáze je od ±5 do ±12°. Obvody s těmito vlastnostmi jsou pro maticovou kvadrofonii zcela vyhovující.

Zapojení celého dekodéru SQ je na obr. 34. Dvojice tranzistorů T_{101}, T_{201} a T_{301}, T_{401} spolu s příslušnými odpory a kondenzátory vytvářejí fázovací články s průběhem $\Phi - 0°$ (základní, referenční) a $\Phi - 90°$. Tranzistory T_{102}, T_{202}, T_{302}, T_{402} slouží jako oddělovací stupně. Kromě toho, protože při dekódování SQ je třeba i posuv fáze −90° a +90°, slouží T_{202} a T_{402} současně jako invertory, na jejichž kolektorech má signál fázový posuv +90°.



Obr. 34. Schéma jednoduchého dekodéru SQ

Celou tuto část zapojení je třeba konstruovat velmi pečlivě s ohledem na tolerance fázového posuvu. Proto mají dvojice tranzistorů s $\Phi - 0°$ i $\Phi - 90°$ společný vstupní vazební kondenzátor. Z téhož důvodu musí mít maximální toleranci ±5 % i všechny součástky fázovacích obvodů. Tranzistory není nutno vybírat, neboť v použitém zapojení jejich vlastnosti jen velmi málo ovlivňují výsledné parametry obvodu. Použité fázovací obvody jsou velmi jednoduché a zaručují fázový rozdíl −90° (nebo +90°) s tolerancí ±12° v kmitočtovém pásmu 100 Hz až 10 kHz. Stojí za zmínku, že fázovací obvody mají útlum okolo 10 dB. Amplitudová charakteristika je zvlněná, pohybuje se v pásmu 20 Hz až 20 kHz v tolerancích 3 až 4 dB. Uvedené technické vlastnosti lze u dekodéru tohoto typu považovat za běžné a zcela vyhovující.

Za fázovacími články je vlastní odporová matice, realizující amplitudové směšovací vztahy podle dekódovacích rovnic systému SQ. Je tvořena odpory R_{112} až R_{412} (tj. odpory R_{112}, R_{212}, R_{312} a R_{412}; i dále budeme rozumět pod zkratkou 100 až 400 součástky s indexem 100, 200, 300 a 400), které tvoří spolu s odpory směšovací matice děliče napětí. V odporové matici je signál utlumen, a to zhruba asi o 6 dB. Kromě uvedených odporů matice jsou mezi odpory R_{115} a R_{415}, popř. R_{215} a R_{315} zapojeny směšovací odpory R_{114} a R_{214}, realizující směšování 10–40 (viz podrobný popis systému SQ). Také všechny tyto odpory musí být vybrány s tolerancí maximálně ±5 %, aby byly zaručeny správné směšovací poměry.

Na bázích tranzistorů T_{103} až T_{403} (tj. tranzistorů s indexy 103, 203, 303, 403) jsou tedy již dekódované signály, jejichž úroveň je asi o 16 dB menší vzhledem k úrovni vstupních signálů. Tranzistory tedy pracují jako zesilovače tak, aby celkové zesílení dekodéru bylo rovno jedné. Na odpory v bázích tranzistorů nejsou kladeny žádné zvláštní požadavky (kromě R_{115} až R_{415}), zcela postačí s tolerancí ±10 až ±20 %. Tranzistory T_{103} až T_{403} by měly mít stejný proudový zesilovací činitel h_{21E}; zesilovací činitel lze měřit např. v pracovním bodu udávaném v katalogu, tj. při $U_{CE} = 5$ V, $I_C = 2$ mA. Zesilovací činitele by se neměly lišit o více než 10 %. Jde totiž o to, aby v daném zapojení měly všechny tyto tranzistory stejnou vstupní impedanci, aby nezatěžovaly odporovou matici různým odběrem proudu, což by mohlo změnit dekódovací poměry. Aby bylo možno nastavit dekodér co nejsnadněji, lze zesílení tranzistorů T_{103} až T_{403} regulovat odporovými trimry R_{117} až R_{417}. Použitý způsob regulace je poměrně neobvyklý, to proto, aby se příliš neměnil vstupní odpor tranzistorů při změně nastavení regulačního prvku. Za oddělovacími kondenzátory C_{106} až C_{406} je již k dispozici kompletní čtveřice dekódovaných signálů SQ.

Celý dekodér je umístěn na desce s plošnými spoji. Rozmístění součástek a nákres desky s plošnými spoji ze strany součástek je na obr. 35. Použité součástky jsou běžné. Tranzistory, předepsané v rozpisce součástek, lze nahradit jakýmikoli jinými tranzistory n-p-n z řady KC (viz kapitola 3). Odpory jsou z řady E 24, potřebné hodnoty lze však vybrat i z řady E 12, která je běžnější. Kondenzátory C_{102}, C_{103} až C_{402}, C_{403} je možno vybrat z řady E 6, běžně se jejich kapacity vyskytují v řadě E 24 (kapacita 20 nF). Elektrolytické kondenzátory jsou běžné, nevybírané.

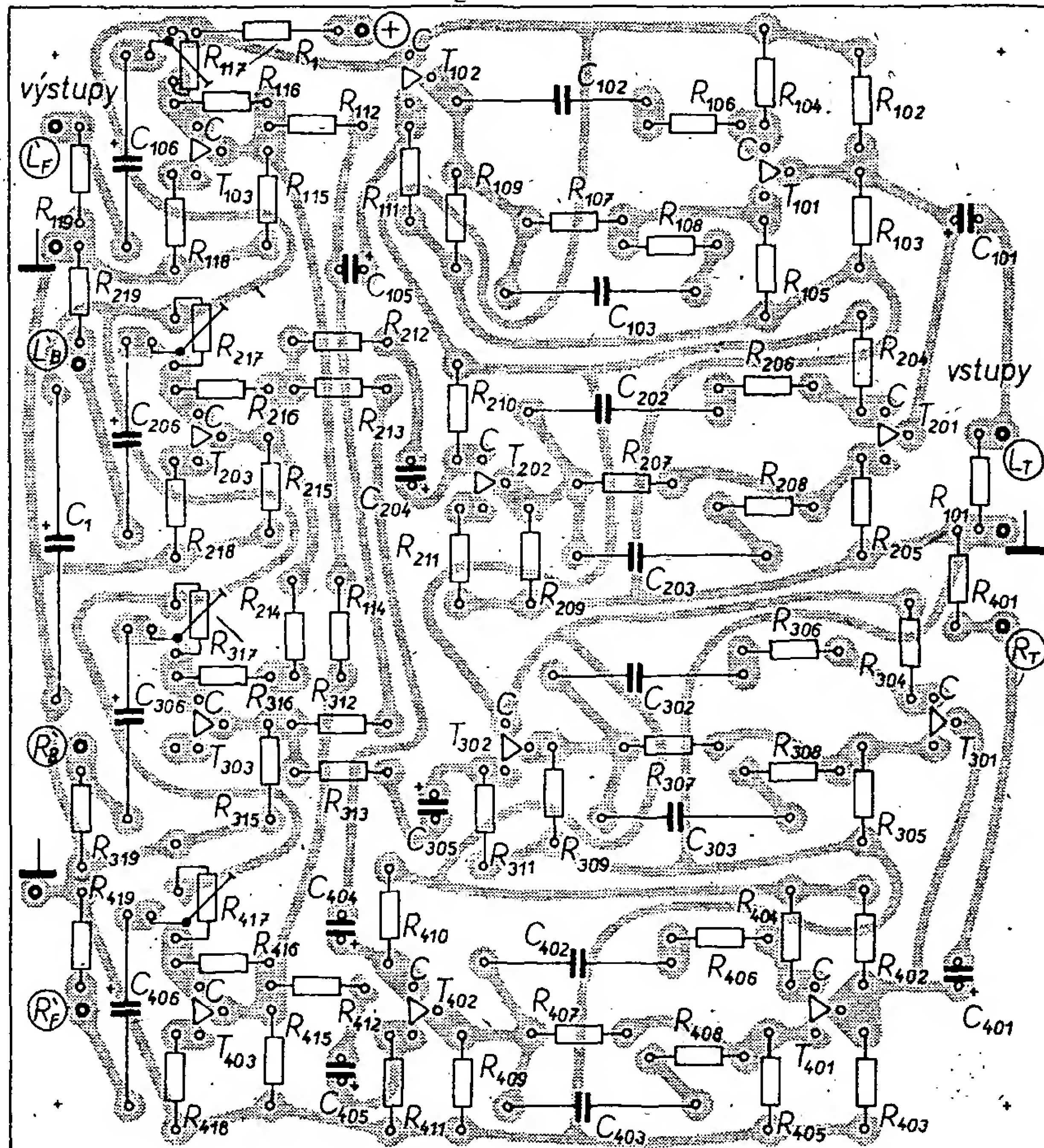
Není snad třeba zdůrazňovat, že desky s plošnými spoji je třeba na straně spojů povrchově upravit ochranným nátěrem (kalafunou rozpuštěnou v lihu, solakrylovým lakem) a to nejlépe před pájením součástek a po jejich zapájení podruhé. Otvory v desce s plošnými spoji mají průměr 1,3 mm. Do míst připojovacích bodů je velmi vhodné nanýtovat mosazné nebo lépe stříbřené nýtky (trubkové, o průměru 2 mm, délky 2,5 mm). Použijeme-li nýtky, budou mít příslušné díry průměr 2,2 mm. Nýtky v každém případě k desce (lépe řečeno ke spojům na desce) připájíme. V rozích desky s plošnými spoji jsou vyvrtány čtyři díry o ∅ 3,2 mm pro uchycení desky k panelu nebo šasi.

Oživení a nastavení tohoto dekodéru je poměrně jednoduché. Ze základních měřicích přístrojů je nutný signální generátor (nf tónový generátor), nízkofrekvenční milivoltmetr a osciloskop, nejlépe takový, který má horizontální zesilovač (tj. který má vstup X). K podrobnějšímu měření potřebujeme dále zdroj význačných signálů SQ a měřič fáze. Oba tyto přístroje jsou popsány v kapitole o měření v příštím čísle AR-B.

Před měřením odpojíme jeden konec odporů R_{114} a R_{214}. Dekodér připojíme ke stejnosměrnému zdroji napětí asi 25 V. Na jeden ze vstupů (např. L_T) připojíme tónový generátor. Kmitočet generátoru nastavíme na 1 kHz, výstupní napětí na 0,5 V. Na výstup L'_F připojíme nízkofrekvenční milivoltmetr a paralelně k němu (případně na jeho výstup, pokud jej má) osciloskop. Trimrem R_{117} nastavíme na výstupu dekodéru stejné napětí, jaké je na jeho vstupu, tj. 0,5 V. Na osciloskopu kontrolujeme tvar sinusovky, která musí být nezkreslená. Při zvětšování vstupního napětí se smí objevit znatelné zkreslení až asi při vstupním napětí 2 V. Po této kontrole upravíme opět výstupní napětí generátoru na 0,5 V a milivoltmetr s osciloskopem připojíme k výstupu L'_B. Trimrem R_{217} nastavíme výstupní napětí menší o 3 dB než 0,5 V, tj. 0,353 V a opět kontrolujeme zkreslení při zvětšování vstupního napětí. Signál na tomto výstupu by neměl být zkreslený až do výstupního napětí asi 1,6 V.

Tentýž postup opakujeme u dvojice pravých kanálů. Generátor připojíme na R_T, na výstupu R'_F nastavíme trimrem R_{417} napětí 0,5 V, na výstupu R'_B trimrem R_{317} napětí 0,353 V. Zkreslení kontrolujeme stejně, jako u levých kanálů.

Generátor necháme připojený k R_T (jeho výstupní napětí bude opět 0,5 V) a měříme výstupní napětí na výstupu L'_B; na L'_B by mělo být výstupní napětí menší o 3 dB, tj. 0,353 V. Může se stát (např. vlivem tolerancí odporů v matici), že toto napětí bude větší či menší, např. o −3,5 dB. V takovém případě nelze chybu odstranit změnou nastavení trimru R_{217}, neboť změnou nastavení trimru by se změnilo výstupní napětí při buzení dekodéru ze vstupu L_T. Chybu bude třeba buď odstranit změnou odporů (lepším výběrem), nebo ji „rozdělíme" a to takto: při buzení vstupu R_T nastavíme na výstupu L'_B napětí −3,25 dB (vzhledem ke vstupnímu napětí 0,5 V), tím bude na témže výstupu při buzení vstupu L_T výstupní úroveň menší o −2,75 dB (vztaženo opět ke vstupní úrovni 0,5 V). Úpravou jsme tedy dosáhli zmenšení chyby na ±0,25 dB, což je velmi slušný výsledek. Stejným způsobem při buzení L_T kontrolujeme a nastavujeme R'_B. Je-li tedy při této kontrole úroveň R'_B rovna např. −2 dB, nastavíme ji trimrem R_{317} na −2,5 dB, čímž



Obr. 35. Deska s plošnými spoji K220 jednoduchého dekodéru SQ

Obr. 36. Osazená deska s plošnými spoji K220 jednoduchého dekodéru je na 2. str. obálky

bude na tomto výstupu při buzení R_T úroveň −3,5 dB, chyba bude tedy ±0,5 dB. To je zcela přijatelné. Tím je nastavení amplitudových poměrů dekodéru ukončeno.

Dále bychom měli kontrolovat amplitudovou kmitočtovou charakteristiku, která by měla být v pásmu 20 Hz až 20 kHz v toleranci maximálně 4 dB. Kmitočtovou charakteristiku měříme opět při vstupním napětí 0,5 V, vstupní napětí musí být při změně kmitočtu konstantní. Při tomto měření zkoušíme každý kanál samostatně.

Dále je třeba zkontrolovat fázový posuv: na vstup L_T připojíme generátor, jehož výstupní napětí udržujeme při všech měřicích kmitočtech na 0,5 V. Měřič fáze připojíme k výstupům L'_F a L'_B a kontrolujeme fázový posuv při změně vstupního signálu od 100 Hz do 10 kHz. Fázový posuv musí být 90° s tolerancí ±12 % v celém kmitočtovém pásmu 100 Hz až 10 kHz. Totéž měření opakujeme samozřejmě na výstupech R'_F a R'_B při buzení R_T. Nemáme-li měřič fáze, lze k měření (orientačnímu) použít osciloskop. Vypneme časovou základnu a na vstup horizontálního zesilovače přivedeme signál z výstupu (např. při buzení L_T signál z L'_F). Na stínítku osciloskopu se objeví vodorovná úsečka, jejíž délku nastavíme regulátorem zesílení horizontálního zesilovače třeba na 3 cm. Signál L'_F pak odpojíme. Na vstup vertikálního zesilovače přivedeme signál L'_B, na stínítku se objeví svislá úsečka, jejíž délku opět nastavíme regulátorem zesílení vertikálního zesilovače na 3 cm. Na vstup horizontálního zesilovače opět připojíme signál L'_F – na stínítku osciloskopu by se měla objevit kružnice. (Při tomto měření nelze nastavit stejnou citlivost u obou zesilovačů osciloskopu, jak je to běžné při měření posuvu fáze zvykem, neboť vstupní signály osciloskopu nemají v našem případě stejnou úroveň.) Nyní měníme kmitočet výstupního signálu generátoru a pozorujeme kružnici na stínítku. Při změně kmitočtu se začne kružnice měnit na elipsu, nebo se bude zvětšovat či zmenšovat. Co vlastně znamená změna tvaru nebo velikosti kružnice? Především je třeba říci, že v celém měřeném kmitočtovém rozsahu by měla být na stínítku osciloskopu kružnice. Mění-li se její velikost, ne však tvar, není to chyba, neboť se zřejmě mění pouze amplituda obou výstupních napětí dekodéru. Protahuje-li se kružnice v elipsu pouze ve vertikálním nebo horizontálním směru, také to není chyba, neboť se mění pouze amplituda jednoho z měřených signálů, jejich fázový posuv však zůstává stejný. Pouze tehdy, jeví-li elipsa snahu „položit se na bok", mění se fáze mezi měřenými signály. Protože lze na obrazovce pozorovat současně všechny uvedené změny a jevy současně, je vyhodnocení obrazce dosti obtížné. Vodítkem ke správnému vyhodnocení mohou být příklady obrazců na stínítku osciloskopu, popsané v kapitole Měření fáze (AR B/4).

Nakonec zbývá ještě připojit odpory R_{114} a R_{214} a kontrolovat předozadní přeslechy. Ke vstupům připojíme generátor signálu SQ a zvolíme signál C_F. Na výstupu dekodéru měříme milivoltmetrem přeslech z L'_F do L'_B a z R'_F do R'_B. Přeslech musí být v mezích 1,5 až 3 dB. Při tomto měření lze nahradit zdroj kvadrofonního signálu SQ tak, že při signálu C_F spojíme vstupní svorky L_T a R_T a budíme obě signálem z tónového generátoru (tj. se stejnou fází). Při signálu C_B je třeba, aby mezi signály na vstupech L_T a R_T byl fázový posuv 180°, což lze snadno splnit např. jednostupňovým tranzistorovým zesilovačem s rozdělenou zátěží.

Po kontrole předozadních přeslechů je dekodér definitivně nastaven. Hotový dekodér je na obr. 36. Máme-li k dispozici zdroj signálu SQ (viz kapitola 5.2) nebo kodér (viz kapitola 5.3), můžeme ještě kontrolovat přeslechy všech kanálů dekodéru se zdrojem signálu SQ na jednom kmitočtu, s kodérem v celém kmitočtovém pásmu (míní se pásmo fázového posuvu, tj. 100 Hz až 10 kHz, mimo tuto oblast není velikost přeslechů pro lokalizaci důležitá). Na vstup dekodéru připojujeme postupně zakódované signály L_F, R_F, L_B a R_B a měříme přeslechy. Stranové přeslechy vpředu (mezi L'_F a R'_F a naopak) by měly být 18 až 22 dB, vzadu (mezi L'_B a R'_B a naopak) okolo 6 až 8 dB. Přeslechy zpředu dozadu po stranách a naopak (mezi L'_F a L'_B, R'_F a R'_B atd.) by se při buzení vstupů stranovými signály měly pohybovat mezi 2,5 až 4,5 dB. Budou-li naměřené údaje odpovídat uvedeným, je dekodér v naprostém pořádku a je připraven k vestavění do zesilovače.

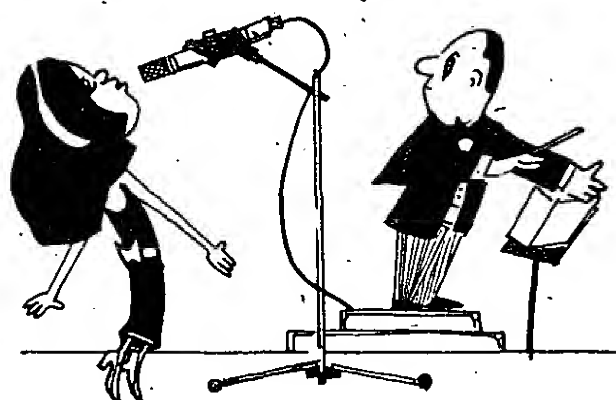
Popsané kompletní měření dekodéru není třeba vždy dělat celé. Je pochopitelné, že jsou-li při stavbě dekodéru použity změřené součástky a nedošlo-li při stavbě dekodéru k nějaké chybě (např. k záměně součástek), není třeba ani fázové poměry, ani přeslechy apod. kontrolovat. Vždy je však třeba nastavit amplitudové směšovací poměry matice příslušnými odporovými trimry. Jisté však je, že kompletní měření dá ucelený obraz o výsledku práce a jistotu, že dekodér bude pracovat tak, jak má. V popisu chybí nastavování pomocí generátoru SQ. Tento postup je jednoduchý a bude popsán v další kapitole, v níž je stavební návod na konstrukci dekodéru s předozadní logikou.

A nyní ještě pár slov k součástkám. Značení součástek v rozpiskách odpovídá zvyklostem, zavedeným v AR. Tolerance odporů a kondenzátorů jsou označeny takto: ±5 % = B, ±10 % = A, bez označení ±20 %. Běžné tolerance elektrolytických kondenzátorů jsou −20, +100 % ze jmenovité kapacity. Značení odporů a kondenzátorů na schématech je běžné – 5j6 = 5,6, 4k7 = 4700, 1,5M = 1,5 megaohmů, popř. 1,5 μF, 50M = 50 μF, G1 = 100 μF atd.

Seznam součástek

Odpory (pokud není uvedeno jinak, jde vesměs o TR 112a)

R_1	TR 144, 22 Ω
R_{101}, R_{401}	
R_{102}, R_{103},	
R_{402}, R_{403}	0,15 MΩ
R_{104}, R_{105},	
R_{204}, R_{205},	
R_{304}, R_{305},	
R_{404}, R_{405}	470 Ω/B
R_{106}, R_{406}	620 Ω/B
R_{206}, R_{306}	3,6 kΩ/B
R_{107}, R_{407}	5,1 kΩ/B
R_{207}, R_{307}	30 kΩ/B
R_{108}, R_{408}	240 Ω/B
R_{208}, R_{308}	1,5 kΩ/B
R_{109}, R_{409}	4,3 kΩ/B
R_{209}, R_{309}	24 kΩ/B
R_{111}, R_{210},	
R_{211}, R_{311},	
R_{410}, R_{411}	6,8 kΩ/B
R_{112}, R_{115},	
R_{215}, R_{315},	
R_{412}, R_{415}	47 kΩ/B
R_{212}, R_{213},	
R_{312}, R_{313}	56 kΩ/B
R_{114}	62 kΩ/B
R_{214}	10 kΩ/B
R_{116}, R_{216},	
R_{316}, R_{416}	0,27 MΩ/A
R_{117}, R_{217},	
R_{317}, R_{417}	trimr TP 008, 6,8 kΩ
R_{118}, R_{218}, R_{318},	
R_{418}	150 Ω
R_{119}, R_{219}, R_{319},	
R_{419}	27 kΩ/A



Kondenzátory

C_1	TE 986, 100 μF
C_{101}, C_{401}, C_{105},	
C_{204}, C_{305}, C_{404},	
C_{405}	TE 005, 2 μF
C_{102}, C_{202}, C_{302},	
C_{402}	TC 180, 0,1 μF/B
C_{103}, C_{203}, C_{303},	
C_{403}	TC 237, 20 nF/B
C_{106}, C_{206}, C_{306},	
C_{406}	TE 986, 2 μF

Tranzistory

T_{101} až T_{403}	KC148 (147, 149, 507, 508, 509); výběr viz text

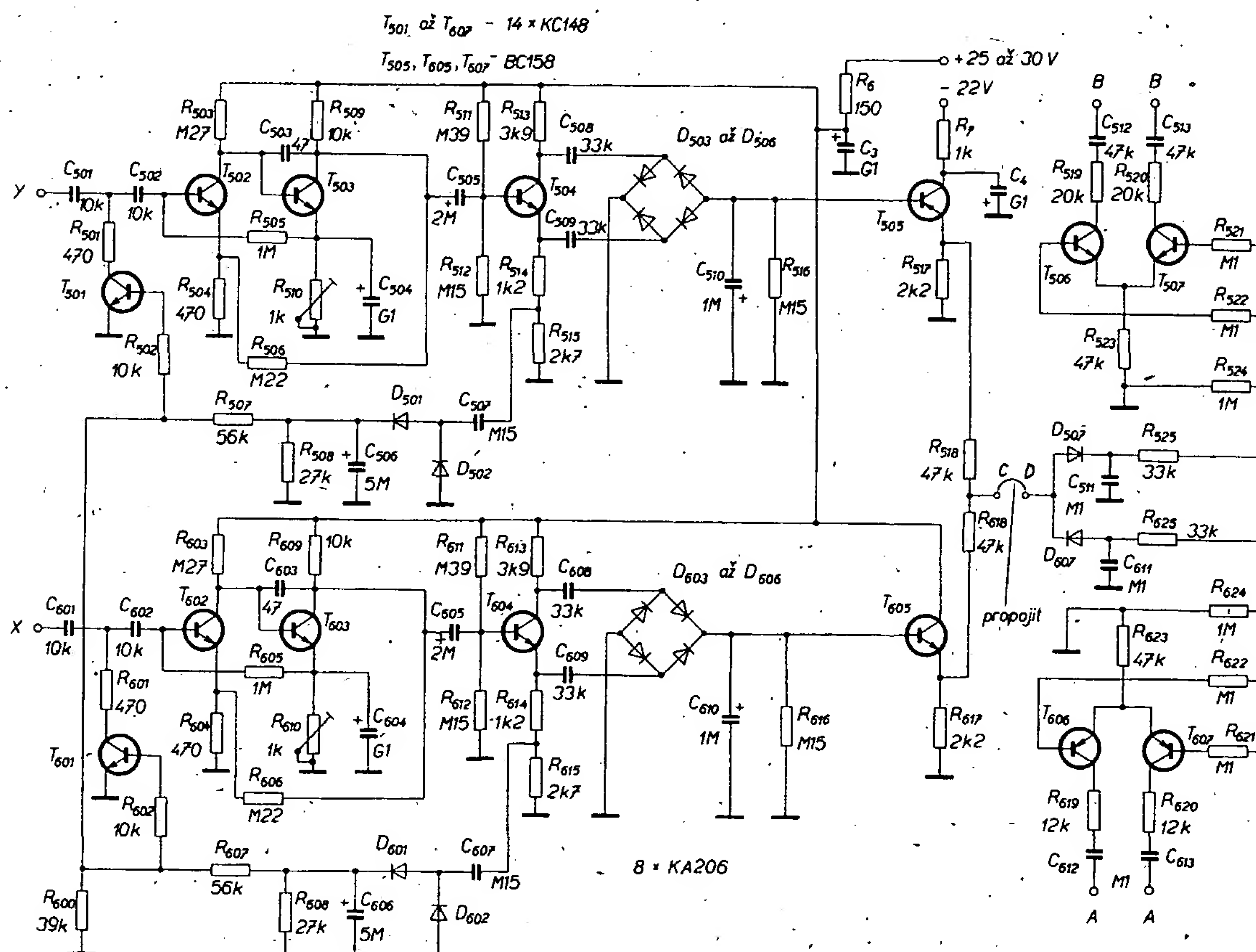
3.2. Dekodér SQ s předozadní logikou

Konstrukce dekodéru s logikou je rozvržena do dvou samostatných celků. Prvním celkem je vlastní dekodér, druhým obvody logiky. Celý dekodér i s logikou by bylo možno samozřejmě umístit na jednu desku s plošnými spoji, deska by však byla neúměrně velká.

Schéma zapojení části I, samotného dekodéru, je na obr. 37. Tranzistory T_{101}, T_{102} až T_{401}, T_{402} tvoří s příslušnými odpory a kondenzátory fázovací členy s kmitočtovým rozsahem fázového posuvu 90° od 70 Hz do 15 kHz s tolerancí ±10°. Všechny uvedené tranzistory mají společně nastavené předpětí odporovým děličem R_2, R_3. Z emitorů a kolektorů T_{101} až T_{401} se odebírají signály R_T, L_T a $-L_T$, které se na odporech R_{103} až R_{403} (tj. R_{103}, R_{203}, R_{303}, R_{403}, viz poznámku v úvodu kapitoly 3.1) sčítají, takže na výstupu X je signál $R_T + L_T$ a na výstupu Y signál $R_T - L_T$. Tyto signály se dále vedou na obvody logiky.

Za druhými stupni fázovačů nejsou, na rozdíl od předchozího dekodéru, oddělovací stupně, ale přímo odporová směšovací matice, tvořená odpory R_{114} až R_{414} a R_{215}, R_{315}. Protože obě dvojice fázovačů jsou stejné, a vytvářejí posuvy $\Phi - 0°$ a $\Phi - 90°$, je ve větvi L'_B zapojen ještě tranzistor T_{303}, který pracuje jako invertor a vytváří posuv $\Phi + 90°$, nutný k vytvoření signálu L'_B. Jak jste si zajisté všimli, jedná se u tohoto dekodéru o předozadní směšovací logiku. Směšování probíhá zařazením řízených odporů mezi větve předních kanálů (body, označené A) a větve zadních kanálů (body, označené B). Na vazebních kondenzátorech C_{108} až C_{408} je tedy již dekódovaný signál SQ se zlepšenými předozadními přeslechy. Na výstupu dekodéru jsou dvoustupňové zesilovače, které zesilují signál na původní úroveň; útlum fázovačů a odporové matice je opět asi 16 dB. I když by opět stačil jednostupňový zesilovač, jsou použity dvoustupňové zesilovače proto, aby byl zaručen velký a konstantní vstupní odpor.

Druhou část dekodéru tvoří obvody logiky, jejichž schéma je na obr. 38. Signály X a Y se přivádějí nejprve na zesilovače s řízeným ziskem. Jejich první částí jsou dvoustupňové zesilovače tvořené tranzistory



Obr. 37. Schéma dekodéru SQ s předozadní logikou – základní dekodér (nahoře)

Obr. 38. Schéma dekodéru SQ – logika (dole)

T_{502}, T_{503} a T_{602}, T_{603}, které mají zesílení asi 200, tj. zisk asi 46 dB. Za nimi následují zesilovače s rozdělenou zátěží s T_{504}, T_{604}, z jejichž emitorů se část signálu vede na usměrňovače, tvořené diodami D_{501}, D_{502}, D_{601}, D_{602}. Za těmito usměrňovači se řídicí napětí obou kanálů slučuje a společně řídí tranzistory T_{501} a T_{601}, které pracují jako proměnné odpory na vstupu zesilovačů signálů Y a X. Takto je zaručena konstantní úroveň signálů X a Y při změně vstupní úrovně v rozsahu 25 až 35 dB. Kondenzátory C_{508}, C_{509}, C_{608}, C_{609} jsou na výstup zesilovače navázány dvoucestné usměrňovače zapojené tak, aby kanál Y měl výstupní napětí záporné a kanál X kladné. Jak je ze schématu zapojení patrno, mají zesilovače X a Y kmitočtovou charakteristiku omezenu na nízkých i vysokých kmitočtech. Je to proto, že přeslechy je třeba řídit pouze v oblasti středních kmitočtů. Na okrajích kmitočtového pásma nejen že není nutné přeslechy řídit, ale naopak by to mohlo působit rušivě.

Tranzistory T_{505}, T_{605} tvoří porovnávací obvod, který hodnotí, zda převládá kladné napětí signálu X či záporné napětí signálu Y. Při rovnosti X a Y ($L_T + R_T = L_T - R_T$) je v bodu C nulové napětí. Převládají-li přední signály, tedy je-li signál X větší než signál Y, je v bodu C kladné napětí a naopak.

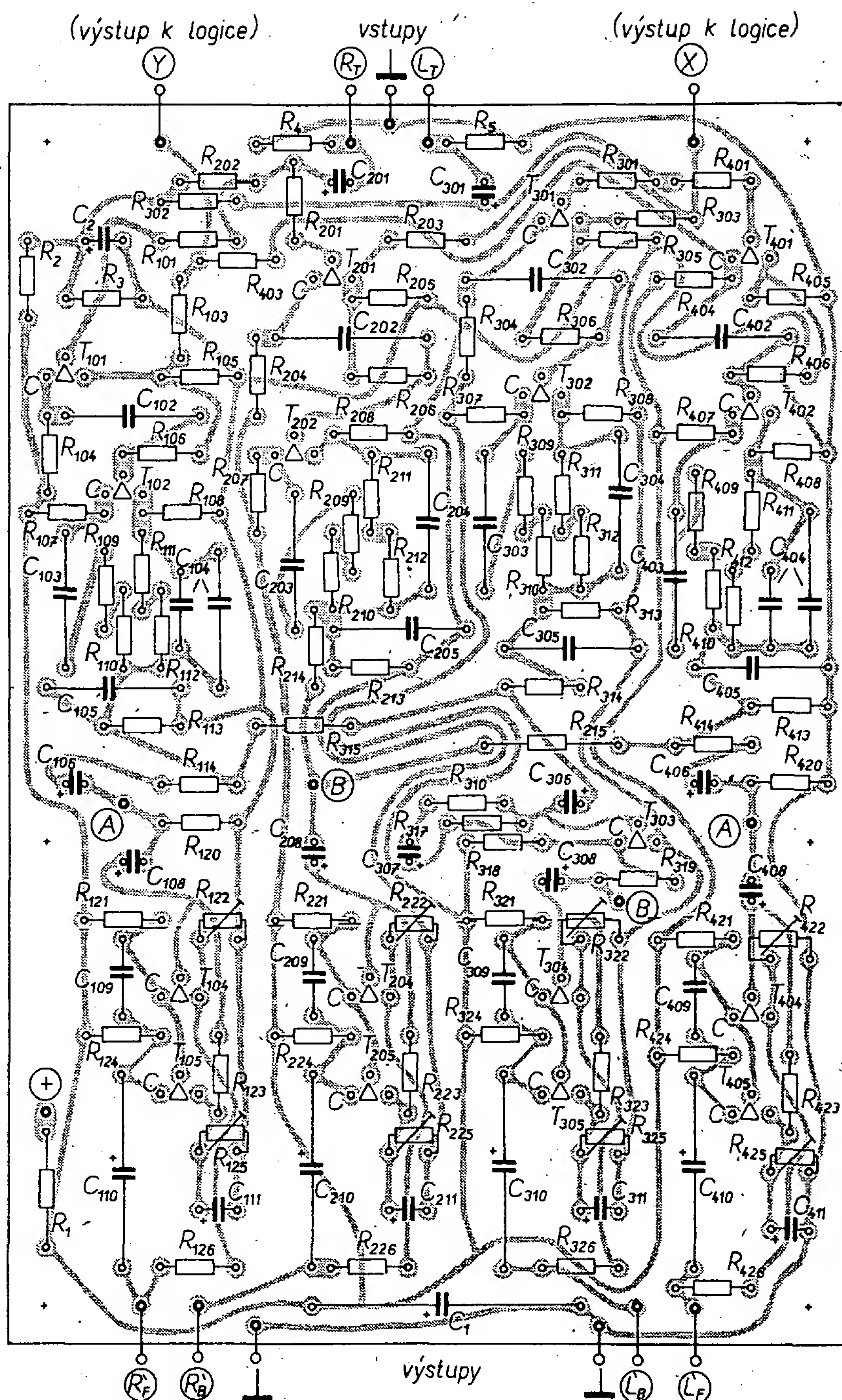
Napětím z bodu C se řídí dvojice tranzistorů T_{506}, T_{507} a T_{606}, T_{607}, jejichž kolektory jsou střídavě připojeny do příslušných větví základního dekodéru. Dosažitelný přeslech z C_F do C_B je 10 až 15 dB, z C_B do C_F asi 5 až 10 dB. Oba údaje jsou tedy podstatně lepší, než u předchozího dekodéru. Přitom přeslechy v přední a zadní bázi jsou asi 20 dB. Nedochází tedy k trvalému zhoršení přeslechů, jako při použití pevných směšovacích odporů.

Stranové přeslechy zpředu dozadu a naopak ovšem řízeny nejsou a zůstávají trvale, jak vyplývá z principu systému SQ, asi 3 dB. Jmenovité vstupní napětí dekodéru je opět asi 0,5 V, zesílení dekodéru je jedna, maximální vstupní napětí je až 2,5 až 3 V.

Při nastavování postupujeme tak, že nejprve oživíme a nastavíme desku se základním dekodérem (obr. 39). Trimry R_{122} až R_{422} nastavíme na poloviční odpor a pomocí tónového generátoru, milivoltmetru a osciloskopu upravíme začátek limitace výstupního napětí (na kmitočtu 1000 Hz) ve všech čtyřech zesilovačích výstupního napětí trimry R_{125} až R_{425}. Postup byl podrobně popsán v článku 3. 1. Ve stejném článku byl popsán i postup při nastavování amplitudových směšovacích poměrů.

V tomto článku si podrobněji všimneme nastavování dekodéru pomocí generátoru signálu SQ. Generátor připojíme ke vstupům L_T a R_T a trimry R_{122} až R_{422} nastavíme amplitudové směšovací poměry, včetně tolerancí, podle popisu v článku 3. 1. Výstupní napětí generátoru SQ je při tom 0,5 V. Po nastavení trimrů R_{122} až R_{422} zkontrolujeme volbu příslušných signálů z generátoru SQ přeslechy základního dekodéru. Nekontrolujeme přeslechy mezi C_F a C_B, neboť ty jsou zatím nulové. Po tomto měření zkontrolujeme průběh posuvu fáze fázoměrem nebo osciloskopem. Tím je nastavení základního dekodéru ukončeno.

Při nastavování obvodů na desce s plošnými spoji logické části (obr. 40) potřebujeme dva zdroje napětí, protože tranzistor T_{505} musí být kolektorem připojen k napětí, které je záporné proti kostře, proti „zemi". Abychom nemuseli pracovat s malými vstupními napětími, budeme tónový generátor připojovat ke vstupům X a Y přes sériový odpor 100 kΩ. Měřicí kmitočet bude 1000 Hz. Tónový generátor připojíme na vstup X a v bodu C měříme proti kostře (zemi) napětí elektronickým voltmetrem se vstupním odporem alespoň 1 MΩ (v nouzi stačí



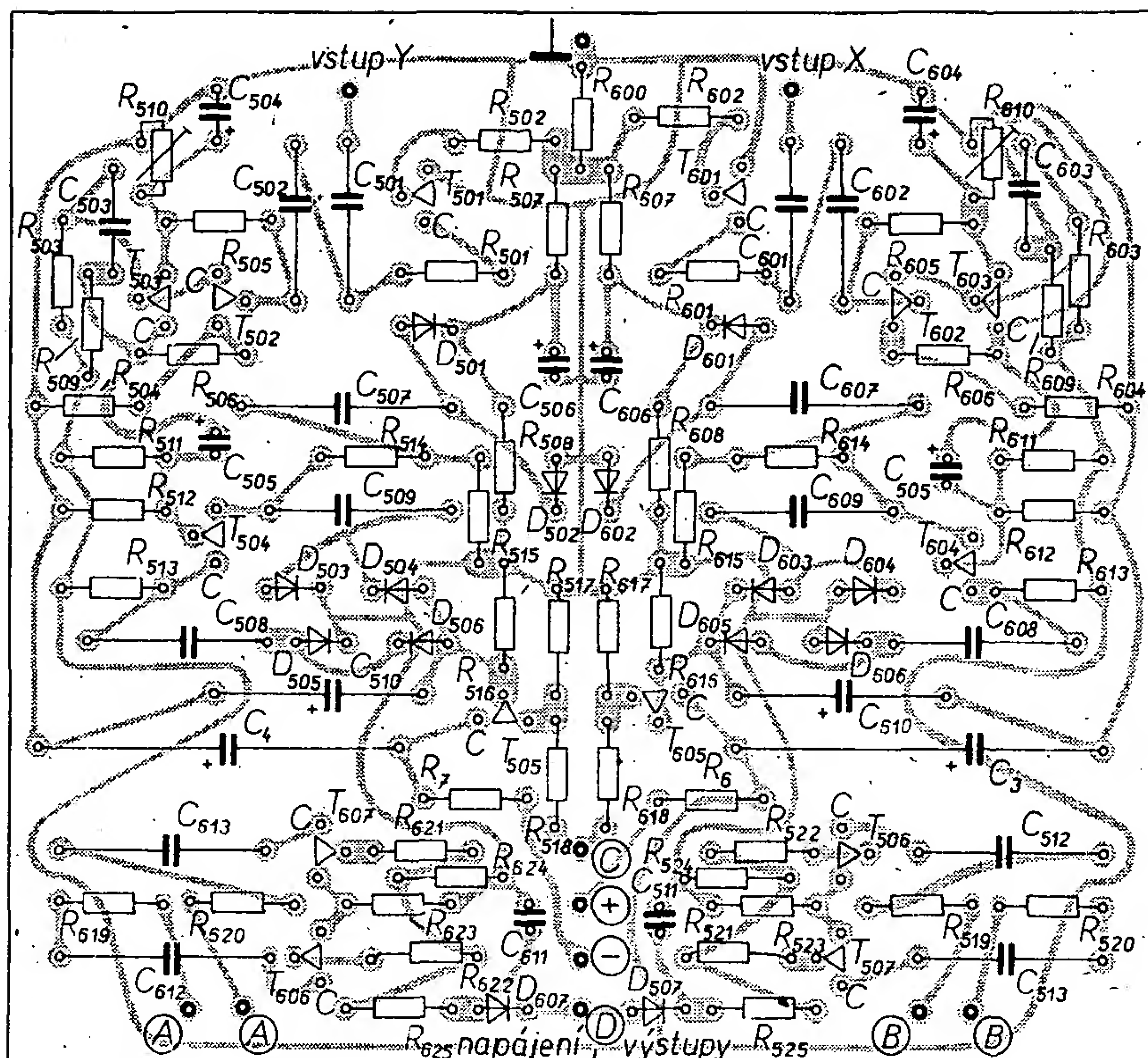
Obr. 39. Deska s plošnými spoji K221 základního dekodéru z obr. 37. Kondenzátory C_{104} a C_{404} jsou složeny z kondenzátorů 1 nF a 100 pF

Avomet II na rozsahu 6 V). Měřené napětí musí být kladné a musí být asi 1 až 3 V (závisí na použitém voltmetru). Toto napětí se nesmí příliš měnit v rozsahu vstupních napětí asi 30 mV až 1 V. Povolená změna měřeného napětí je od asi 0,7 do 1,4 napětí, které naměříme při vstupním napětí 0,5 V. Stejně budeme postupovat při signálu na vstupu Y, měřené napětí by mělo být stejné jako při signálu na vstupu X, polarita měřeného napětí bude však záporná (proti kostře).

Pak vstupy X a Y spojíme a budíme je společně. V bodu C by mělo být nulové napětí (maximální povolená odchylka ±0,4 V); nesmí se otvírat diody D_{507} a D_{607}. Není-li tomu tak, musíme změnit odpory R_{518} a R_{618}.

Po kontrole dílu logiky oba díly dekodéru spojíme podle označení vývodů a pomocí generátoru SQ kontrolujeme přeslechy z C_F do C_B (asi 10 až 15 dB) a z C_B do C_F (5 až 10 dB). Dále můžeme samozřejmě měřit dekodér i ostatními způsoby, které byly popsány v kapitole 3.1. Pak je dekodér definitivně nastaven.

K vlastní stavbě ještě několik poznámek. Dvojice odporů ve fázovačích jsou použity proto, aby bylo možno odpory vybírat z dostupnější řady E 12, místo z řady E 24. Odpory je třeba vybírat s tolerancí 5 % (maximálně). Použité tranzistory n-p-n jsou opět libovolné typy z řady KC. Tranzistory p-n-p jsou libovolné typy z řady BC177 až 179, nebo BC157 až 159. Bylo by možné použít i tranzistory KF517 nebo KFY18 vybrané tak, aby jejich zesilovací činitel h_{21E} byl minimálně 125. Použité diody jsou křemíkové typy co nejmenších rozměrů, tj. z řady KA500, nebo KA206, popř. i KY130.



Obr. 40. Deska s plošnými spoji K222 logiky dekodéru

Obr. 41. Dekodér SQ s předozadní logikou – osazené desky s plošnými spoji K221 a K222 jsou na 2. str. obálky

Dvě desky dekodéru lze umístit vedle sebe, ale i nad sebou, jak je zřejmé z obr. 41. K tomu účelu jsou v desce základního dekodéru díry, které souhlasí s upevňovacími děrami v desce logiky. Distanční sloupky mezi oběma deskami jsou dlouhé asi 25 mm. Do míst, do nichž se připojují drátové spoje, je vhodné nanýtovat duté nýtky (viz popis předchozího dekodéru), nebo zapájet jako pájecí špičky kousky měděného drátu tloušťky např. 1 mm.

Seznam součástek

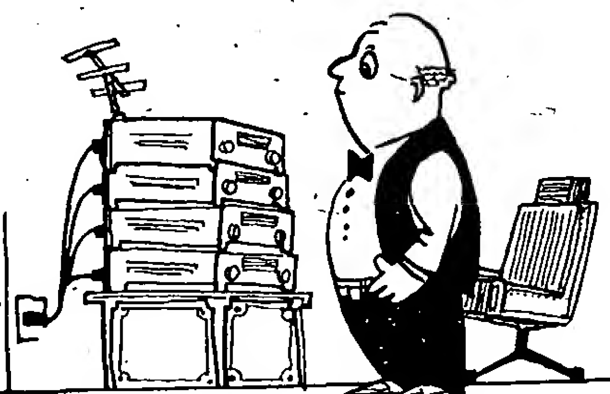
Vlastní dekodér

Odpory (vesměs TR 112a, není-li uvedeno jinak)

R_1	TR 144, 47 Ω
R_2	22 kΩ
R_3	15 kΩ
R_4, R_5, R_{103}, R_{203}, R_{303}, R_{403}	0,1 MΩ/A
R_{101}, R_{201}, R_{301}, R_{401}	1,2 kΩ/A
R_{202}; R_{302}	68 kΩ
R_{104}, R_{105}, R_{204}, R_{205}, R_{304}, R_{305}, R_{404}, R_{405}	4,7 kΩ/B
R_{106}, R_{406}	22 kΩ/B
R_{206}, R_{306}	27 kΩ/B
R_{107}, R_{207}, R_{307}, R_{407}, R_{108}, R_{208}, R_{308}	22 kΩ/B
R_{109}, R_{110}, R_{209}, R_{210}, R_{309}, R_{310}, R_{409}, R_{410}	1,5 kΩ/b
R_{111}, R_{112}, R_{211}, R_{212}, R_{311}, R_{312}, R_{411}, R_{412}	12 kΩ/B
R_{113}, R_{413}	18 kΩ/B
R_{213}, R_{313}	15 kΩ/B
R_{114}, R_{414}	33 kΩ/B
R_{214}, R_{314}, R_{215}, R_{315}	91 kΩ/B
R_{316}, R_{319}	47 kΩ/A
R_{317}	1,2 MΩ/A
R_{318}	12 kΩ/A
R_{120}, R_{121}, R_{221}, R_{321}	trimr WN 790 10, 4,7 kΩ
R_{420}, R_{421}	82 kΩ/A
R_{122}, R_{222}, R_{322}, R_{422}	trimr WN 790 10, 2,2 kΩ
R_{123}, R_{223}, R_{323}, R_{423}	0,15 MΩ/A
R_{124}, R_{224}, R_{324}, R_{424}	4,7 kΩ
R_{125}, R_{225}, R_{325}, R_{425}	trimr WN 790 10,1 kΩ
R_{126}, R_{226}, R_{326}, R_{426}	10 kΩ/A

Kondenzátory

C_1	TE 986, 100 μF
C_2	TE 005, 20 μF
C_{201}, C_{301}	TE 004, 5 μF
C_{102}, C_{402}	TC 235, 56 nF/B
C_{202}, C_{302}	TC 180, 0,22 μF/B
C_{103}, C_{403}	TC 281, 5,6 nF/B
C_{203}, C_{303}	TC 237, 22 nF/B
C_{104}, C_{404}	TC 281, 1,1 nF/B
C_{204}, C_{304}	TC 281, 4,7 nF/B
C_{105}, C_{405}	TC 281, 1 nF/B
C_{205}, C_{305}	TC 281, 5,6 nF/B
C_{106}, C_{306}, C_{406}, C_{307}, C_{108}, C_{208}, C_{308}, C_{408}	TE 005, 10 μF
C_{109}, C_{209}, C_{309}, C_{409}	TC 281, 100 pF
C_{110}, C_{210}, C_{310}, C_{410}	TE 986, 20 μF
C_{111}, C_{211}, C_{311}, C_{411}	TE 003, 100 μF



Tranzistory

T_{101} až T_{405}	KC148 nebo pod

Logická část dekodéru

Odpory (vesměs TR 112a, není-li uvedeno jinak)

R_6	150 Ω
R_7	1 kΩ
R_{600}	39 kΩ/A
R_{501}, R_{601}	470 Ω
R_{502}, R_{602}	10 kΩ
R_{503}, R_{603}	0,27 MΩ/A
R_{504}, R_{604}	470 Ω
R_{505}, R_{605}	1 MΩ
R_{506}, R_{606}	0,22 MΩ
R_{507}, R_{607}	56 kΩ/A
R_{508}, R_{608}	27 kΩ/A
R_{509}, R_{609}	10 kΩ
R_{510}, R_{610}	trimr WN 790 10, 1 kΩ
R_{511}, R_{611}	0,39 MΩ/A
R_{512}, R_{612}	0,15 MΩ
R_{513}, R_{613}	3,9 kΩ/A
R_{514}, R_{614}	1,2 kΩ/A
R_{515}, R_{615}	2,7 kΩ/A
R_{516}, R_{616}	0,15 MΩ
R_{517}, R_{617}	2,2 kΩ/A
R_{518}, R_{618}	47 kΩ/A
R_{519}, R_{520}	20 kΩ/B
R_{521}, R_{522}, R_{621}, R_{622}	0,1 MΩ/A
R_{523}, R_{623}	47 kΩ
R_{524}, R_{624}	1 MΩ
R_{525}, R_{675}	33 kΩ/A
R_{619}, R_{620}	12 kΩ/B

Kondenzátory

C_3, C_4	TE986, 100 μF
C_{501}, C_{502}, C_{601}, C_{602}	TC 237, 10 nF
C_{503}, C_{603}	TC 281, 47 pF
C_{504}, C_{604}	TE 003, 100 μF
C_{505}, C_{605}	TE 005, 2 μF
C_{506}, C_{606}	TE 004, 5 μF
C_{507}, C_{607}	TC 180, 0,15 μF
C_{508}, C_{608}, C_{509}, C_{609}	TC 235, 33 nF
C_{510}, C_{610}	TE 988, 1 μF
C_{511}, C_{611}	TK 750, 0,1 μF/40 V, keram.
C_{512}, C_{518}	TC 235, 47 nF
C_{612}, C_{613}	TC 180, 0,1 μF

Tranzistory

T_{501} až T_{605}	(kromě dále uvedených) KC148 nebo pod.
T_{505}, T_{605}, T_{607}	BC158 nebo pod.

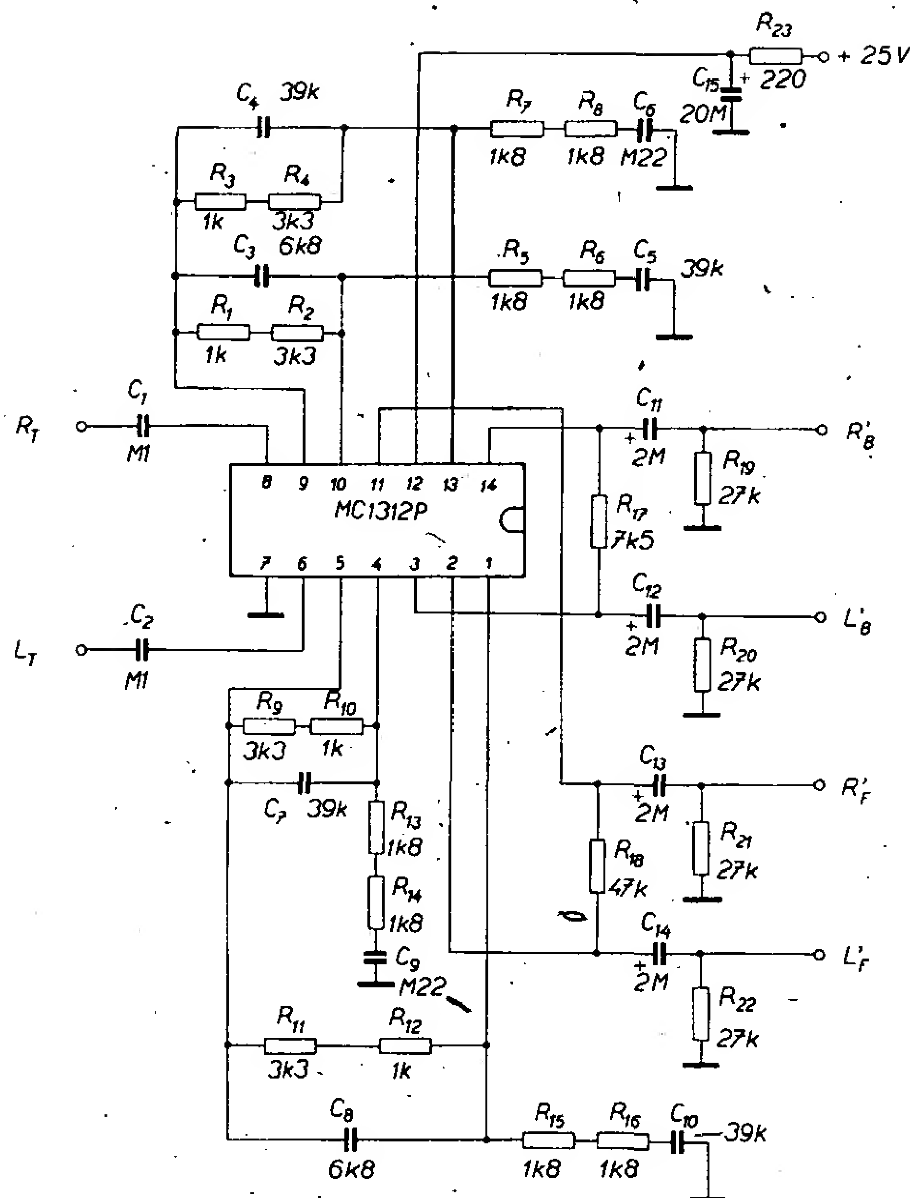
Diody

D_{501} až D_{607}	KA206 nebo pod., viz text

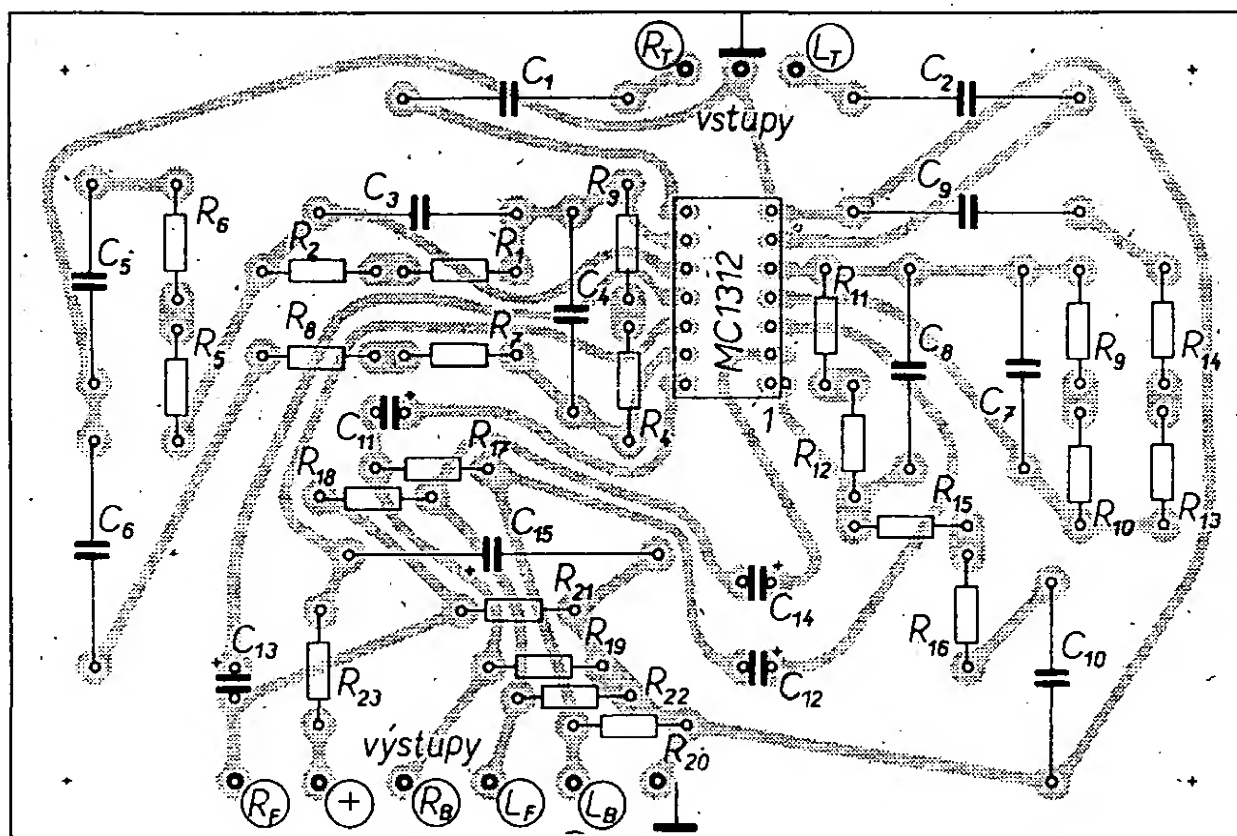
3.3. Dekodér SQ s integrovanými obvody

Ten, kdo se začetl do předchozích dvou kapitol, si jistě musel uvědomit, že kvadrofonní dekodér z diskrétních prvků je značně složité zařízení. Také v tomto oboru, jako v mnohých jiných, dochází v současné době k rozsáhlé integraci, která velmi podstatně zjednodušuje návrh i konstrukci obvodů i celých zařízení. Dekodér SQ v integrované formě vyrábí v současné době např. známá firma Motorola a to zvlášť základní dekodér a zvlášť logickou část, včetně dalších pomocných obvodů.

V základním dekodéru je použit integrovaný obvod MC1312P, který kromě pasívních prvků fázovacích členů obsahuje všechny ostatní obvody dekodéru, včetně směšo-



. 42. *Schéma základního dekodéru SQ s integrovaným obvodem a se směšováním 10-40*



Obr. 43. Deska s plošnými spoji K223 základního dekodéru

vací matice. Tím se podstatně zjednodušuje celá konstrukce dekodéru. Schéma základního dekodéru s obvodem MC1312P je na obr. 42. Fázovací obvody, připojené k vývodům *1, 4, 5* a *9, 10, 13* integrovaného obvodu zaručují v pásmu 100 Hz až 10 kHz toleranci fázového posuvu ±8,5°. Mezi výstupy předních a zadních kanálů jsou zapojeny odpory R_{17} a R_{18}, realizující směšování 10–40. Integrovaný obvod je v pouzdru DIL (dual-in-line) se čtrnácti vývody.

Stavba tohoto základního dekodéru je jednoduchá a bez záludností. Deska s plošnými spoji ze strany součástek je na obr. 43. Ve fázovacích obvodech jsou opět použity dvojice sériově spojených odporů z řady E 12 místo odporů z řady E 24. Všechny odpory kromě R_{19} a R_{23} by měly mít toleranci 5 %. Stejnou toleranci by měly mít i kondenzátory C_3 až C_{10}. Tolerance ostatních součástek jsou ±20 %, tolerance elektrolytických kondenzátorů −20, +100 %.

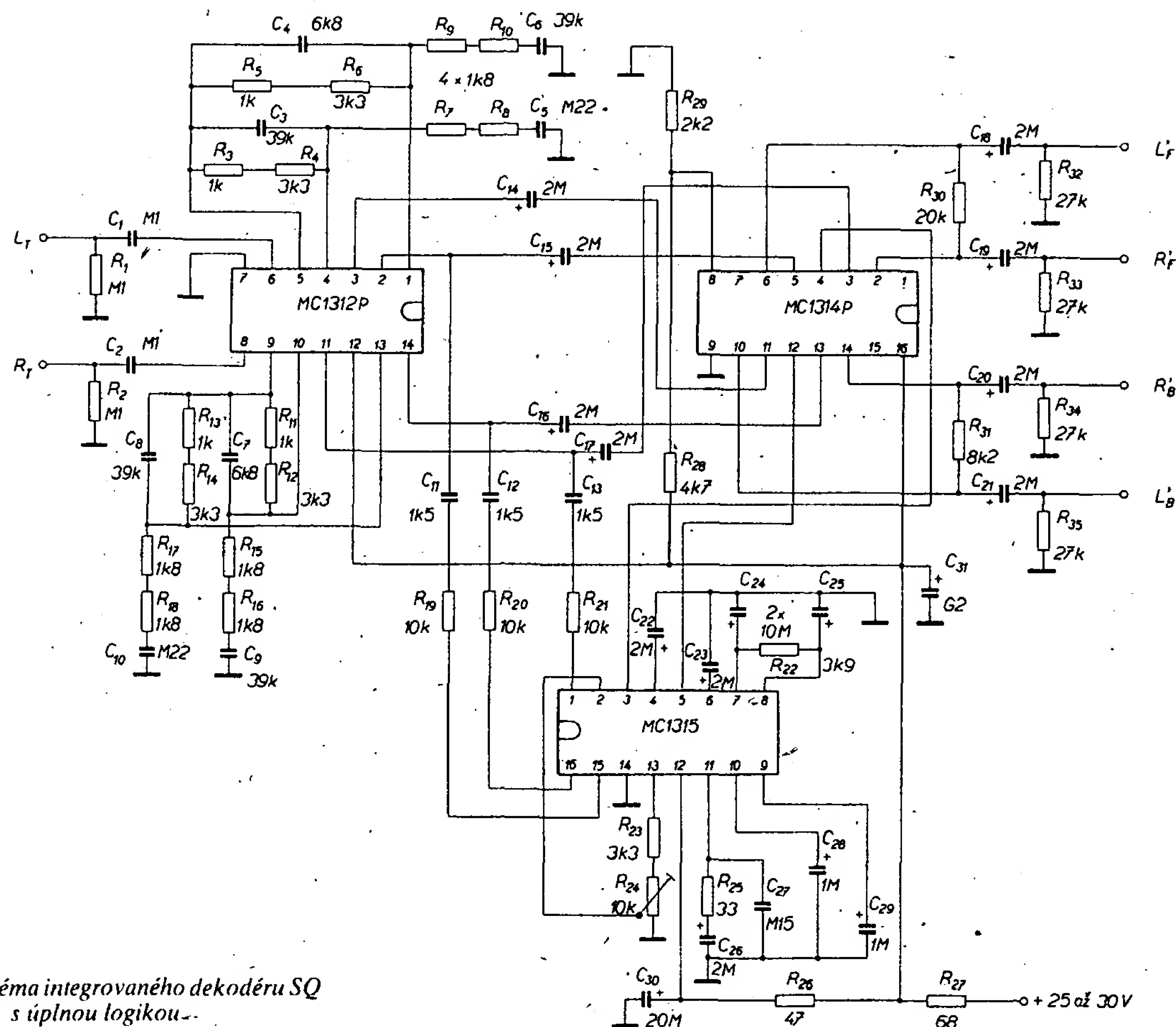
Dekodér není vlastně ani třeba oživovat, je jen nutné dbát na to, aby napájecí napětí nebylo větší než 25 V (na přívodu *12* integrovaného obvodu; 25 V je maximální povolené napájecí napětí obvodu MC1312P). Měřit dekodér není při vybíraných součástkách třeba, kontrolovat pro jistotu lze směšovací poměry matice (bývají velmi přesné, tolerance je maximálně ±0,2 dB) a průběh fázového posuvu.

Dokonalejším typem dekodéru je zapojení, osazené třemi integrovanými obvody (opět od firmy Motorola). Zapojení dekodéru je na obr. 44. Jako základní dekodér je opět použit typ MC1312P. Z tohoto obvodu se odebírají tři signály, nutné k činnosti tvarově srovnávací logiky a předozadní logiky. Signály se vedou na integrovaný obvod MC1315; jsou kmitočtově omezeny členy *RC*, tvořenými odpory R_{19}, R_{20} a R_{21} a kondenzátory C_{11}, C_{12} a C_{13}. Integrovaný obvod MC1315 obsahuje všechny obvody předozadní a tvarově srovnávací logiky a na jeho výstupech *3* a *5* je dvojice stejnosměrných řídicích napětí k řízení zisku zesilovačů signálů předních a zadních kanálů. Tímto dekodérem se tedy neřídí u předozadní logiky přeslechy, jako např. u dekodéru popsaného v kapitole 3.2, ale zisk v příslušných kanálech tak, jak je to u tvarově srovnávací logiky jedině možné.

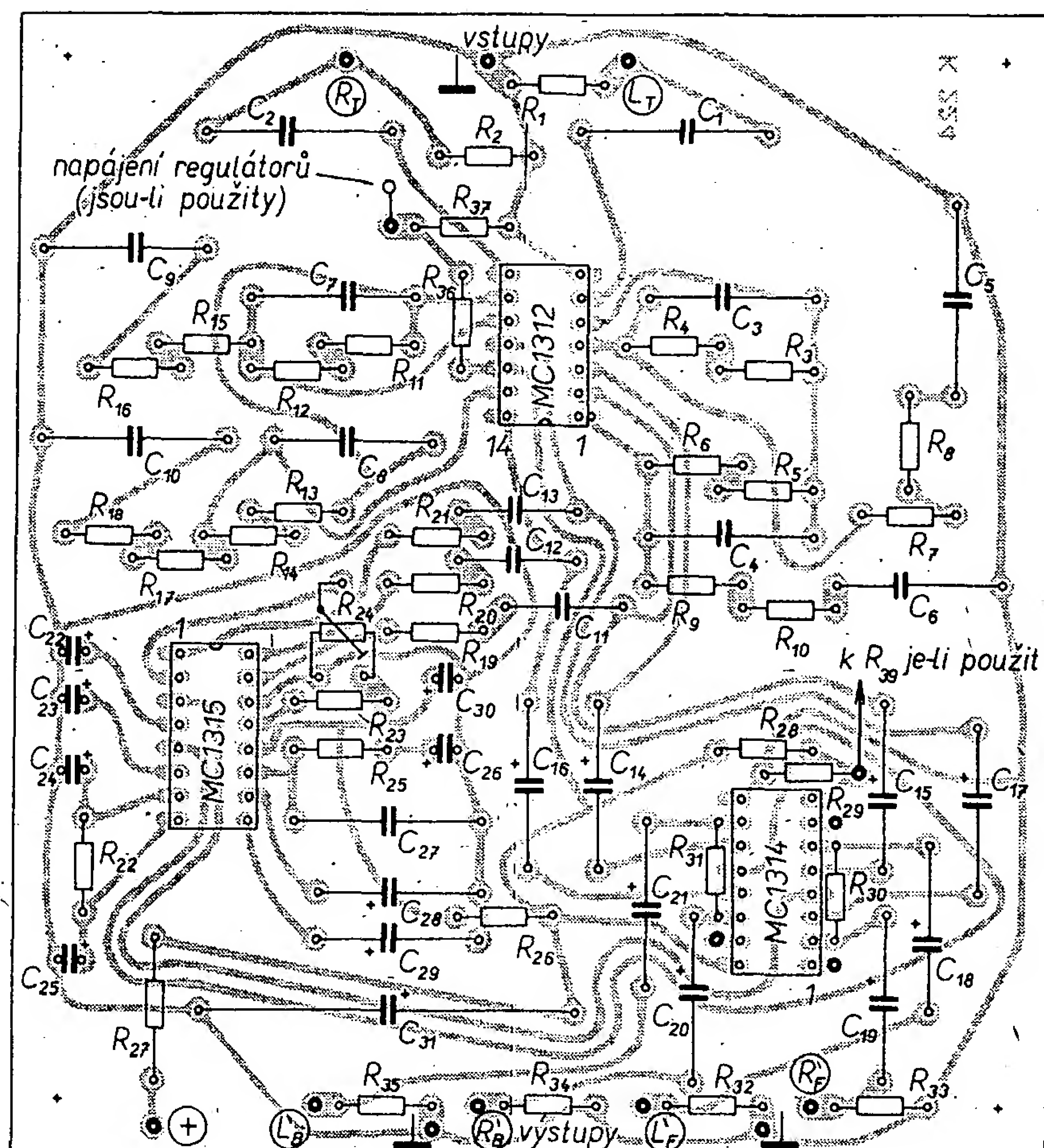
Za zmínku stojí ještě potenciometr, připojený k vývodu *13* integrovaného obvodu. Tímto potenciometrem lze nastavit přeslechy mezi jednotlivými kanály od základních, tj. −3 dB, −3 dB, nekonečno, až do maximálních, nejlepších, tj. −20 až −22 dB mezi všemi čtyřmi kanály (míněno zpředu dozadu a naopak). Lze jím tedy, stručně řečeno, nastavovat míru kvadrofonního účinku. Tento potenciometr (jeho hřídel) se často vyvádí na panel jako samostatný ovládací prvek. Autorovi se však toto řešení neosvědčilo. Lepší bylo nastavit přeslechy trvale na velikost asi 13 až 15 dB. Rozhodně se tím méně uškodí jakékoli kvadrofonní nahrávce, než „kroucením" knoflíkem ve snaze o maximální přeslechy, nebo naopak o co největší podíl hudby zezadu. Proto je v dekodéru, jehož deska s plošnými spoji je na obr. 45, použit pouze odporový trimr. Nic však nebrání tomu, použít místo trimru potenciometr. Přívody k potenciometru není třeba stínit.

Obvod MC1314P obsahuje čtyři výstupní zesilovače s řízeným ziskem. Na něj se přivádí jak řídicí napětí z obvodu MC1315, tak i čtyři dekódované kvadrofonní signály z obvodu MC1312P. Na čtyřech výstupech obvodu MC1314P jsou již kompletní dekódované signály upravené řídicí logikou. Skutečností je, že ani oba typy logiky nezaručují dokonalou reprodukci kvadrofonního signálu, a že je vhodné použít ještě „pevné" směšování jako u základního dekodéru. K tomu slouží odpory R_{30} a R_{31} na výstupech MC1314P.

Integrovaný obvod MC1314P může mít ještě jednu, velmi praktickou funkci. Může totiž sloužit jako elektronický regulátor hlasitosti a vyvážení, balance. Výhody z toho plynoucí jsou zřejmé: vždyť např. jako regulátor hlasitosti je možno použít jednoduchý potenciometr místo čtyřnásobného, stejně tak i regulátorů vyvážení. Alternativní zapojení a vyvážení je na obr. 46. Chceme-li toto zapojení použít, musíme z původního zapojení (obr. 44) vypustit odpory R_{28} a R_{29} a do desky s plošnými spoji umístit odpory R_{36} a R_{37}. Pro oba odpory je na desce s plošnými spoji dostatek místa. Odpor R_{38} je třeba připájet k potenciometru R_{40}. Dále je nutno k vývodům *1, 7, 8* a *15* integrovaného obvodu MC1314P připájet pájecí špičky (např. z drátu o ∅ 1 mm, díry pro ně jsou v desce s plošnými spoji) a potenciometry připojit podle schématu na obr. 46. Přívody k potenciometrům není třeba stínit. Potenciometry balance jsou lineární, hlasitosti logaritmický, v ověřované konstrukci vyhověly i potenciometry 22 kΩ. Rozsah regulace hlasitosti je 60 dB s odchylkami od souběhu maximálně 3 dB. Jedinou nevýhodou tohoto uspořádání je, že nelze použít fyziologickou regulaci zesílení (na trhu jsou však i integrované obvody, které umožňují fyziologickou regulaci zesílení, jde o výrobky firem Philips a Valvo).



Obr. 44. Schéma integrovaného dekodéru SQ s úplnou logikou



Obr. 45. Deska s plošnými spoji K224 integrovaného dekodéru s úplnou logikou

Oživení a nastavení kompletního dekodéru je opět velmi jednoduché. Zase musíme dbát, aby napájecí napětí (na kondenzátoru C_{31}) nebylo větší než 25 V. Na vstup dekodéru připojíme generátor signálu SQ a přepínáním L_F, L_B, nebo R_F, R_B nastavíme přeslechy trimrem R_{24} (nebo potenciometrem, jehož hřídel je vyveden na panel, viz poznámku dříve) asi na 15 dB (nebo podle libosti). Dále můžeme kontrolovat fázový průběh obdobně jako v kapitole 3.1. Dekodér je možno nastavit i s použitím tónového generátoru a milivoltmetru tak, že přivedeme signál 0,5 V, 1000 Hz na vstup L_T nebo R_T a na výstupech L'_B nebo R'_B nastavíme požadovanou velikost přeslechů trimrem R_{24}. Hotový dekodér je na obr. 47.

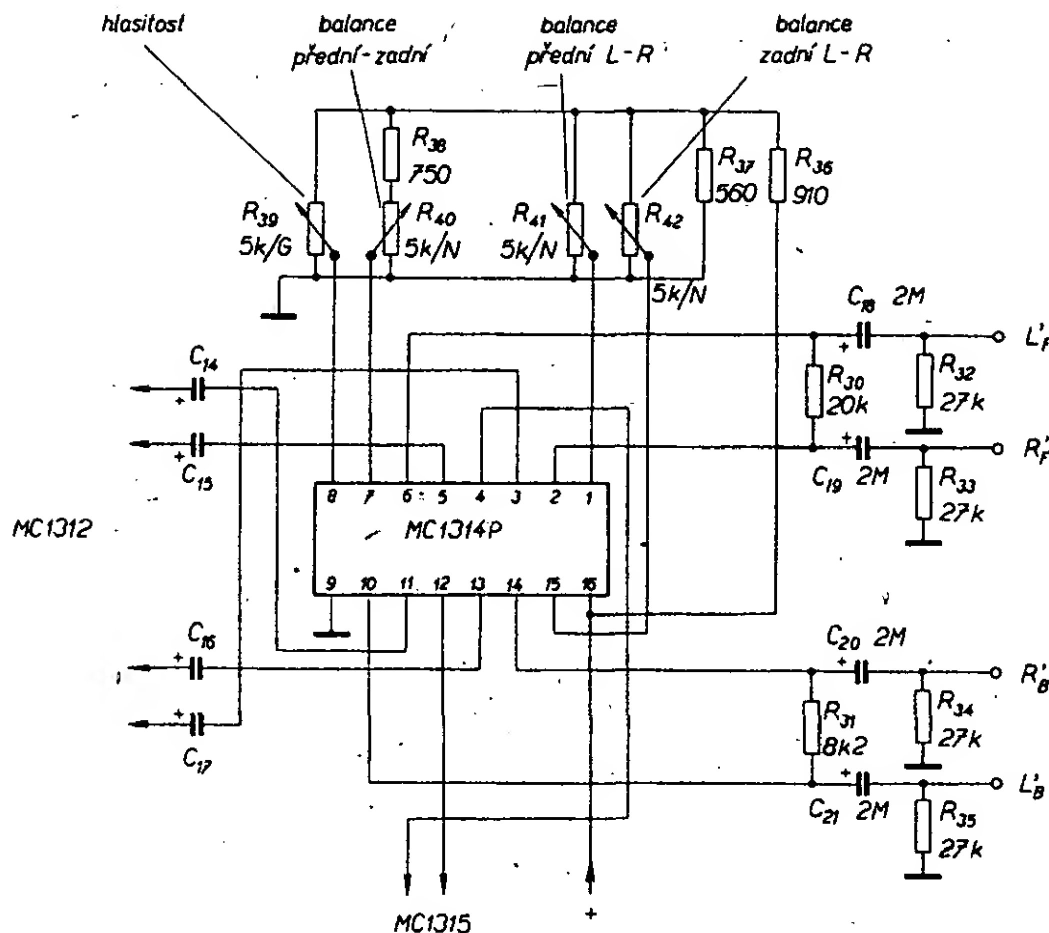
Celý dekodér má vstupní impedanci (neuvažují-li se odpory R_1 a R_2) asi 2 MΩ a výstupní impedanci asi 2 kΩ, nelineární zkreslení je 0,1 % při vstupním napětí 0,5 V a maximálně 1 % při vstupním napětí 2 V. Při provozu dekodéru nesmíme být překvapeni tím, že jsou integrované obvody relativně dosti teplé. Celý dekodér má spotřebu proudu asi 60 až 80 mA, což při napájecím napětí 20 V znamená ztrátový výkon zhruba asi 1 W – a to se musí nějak projevit. Rozhodně není oteplení *IO* známkou nějaké závady.

Seznam součástek

Základní dekodér

Odpory (vesměs TR 112a)

R_1, R_5, R_{10}, R_{12}	1 kΩ/B
R_2, R_4, R_9, R_{11}	3,3 kΩ/B
R_3, R_6, R_7, R_8, R_{13}, R_{14}, R_{15}, R_{16}	1,8 kΩ/B
R_{17}	7,5 kΩ/B
R_{18}	47 kΩ/B
R_{19}, R_{20}, R_{21}, R_{22}	27 kΩ/A
R_{23}	220 Ω



Obr. 46. Alternativní zapojení MC1314 s řízením hlasitosti a s balancí

Obr. 47. Integrovaný dekodér SQ s úplnou logikou a s regulátory hlasitosti a vyvážení je na 2. str. obálky

Kondenzátory

C_1, C_2	TC 180, 0,1 μF
C_3, C_8	TC 281, 6,8 nF/B
C_4, C_5, C_7, C_{10}	TC 235, 39 nF/B
C_6, C_9	TC 180, 0,22 μF/B
C_{11}, C_{12}, C_{13}, C_{14}	TE 005, 2 μF
C_{10}	TE 986, 20 μF

Integrovaný obvod

Motorola MC1312P

Integrované obvody

Motorola MC1312P
Motorola MC1314P
Motorola MC1315

Dekodér s logikou

Odpory (vesměs TR 112a)

R_1, R_2	0,1 MΩ
R_3, R_5, R_{11}, R_{13}	1 kΩ/B
R_4, R_6, R_{12}, R_{14}	3,3 kΩ/B
R_7, R_8, R_9, R_{10}, R_{15}, R_{16}, R_{17}, R_{18}	1,8 kΩ/B
R_{19}, R_{20}, R_{21}	10 kΩ/B
R_{22}	3,9 kΩ/A
R_{23}	3,3 kΩ
R_{24}	trimr TP 009, 10 kΩ
R_{25}	33 Ω/A
R_{26}	47 Ω
R_{27}	TR 144, 68 Ω
R_{28}	4,7 kΩ
R_{29}	2,2 kΩ
R_{30}	20 kΩ/B
R_{31}	8,2 kΩ/B
R_{32}, R_{33}, R_{34}, R_{35}	27 kΩ/A
R_{36}	910 Ω
R_{37}	560 Ω/B
R_{38}	750 Ω/B

Kondenzátory

C_1, C_2	TC 180, 0,1 μF
C_3, C_6, C_8, C_9	TC 235, 39 nF/B
C_4, C_7	TC 281, 6,8 nF/B
C_5, C_{10}	TC 180, 0,22 μF/B
C_{11}, C_{12}, C_{13}	TC 281, 1,5 nF/B
C_{14} až C_{21}	TE 986, 2 μF
C_{22}, C_{23}, C_{26}	TE 005, 2 μF
C_{24}, C_{25}	TE 005, 10 μF
C_{27}	TC 180, 0,15 μF
C_{28}, C_{29}	TE 988, 1 μF
C_{30}	TE 005, 20 μF
C_{31}	TE 986, 200 μF

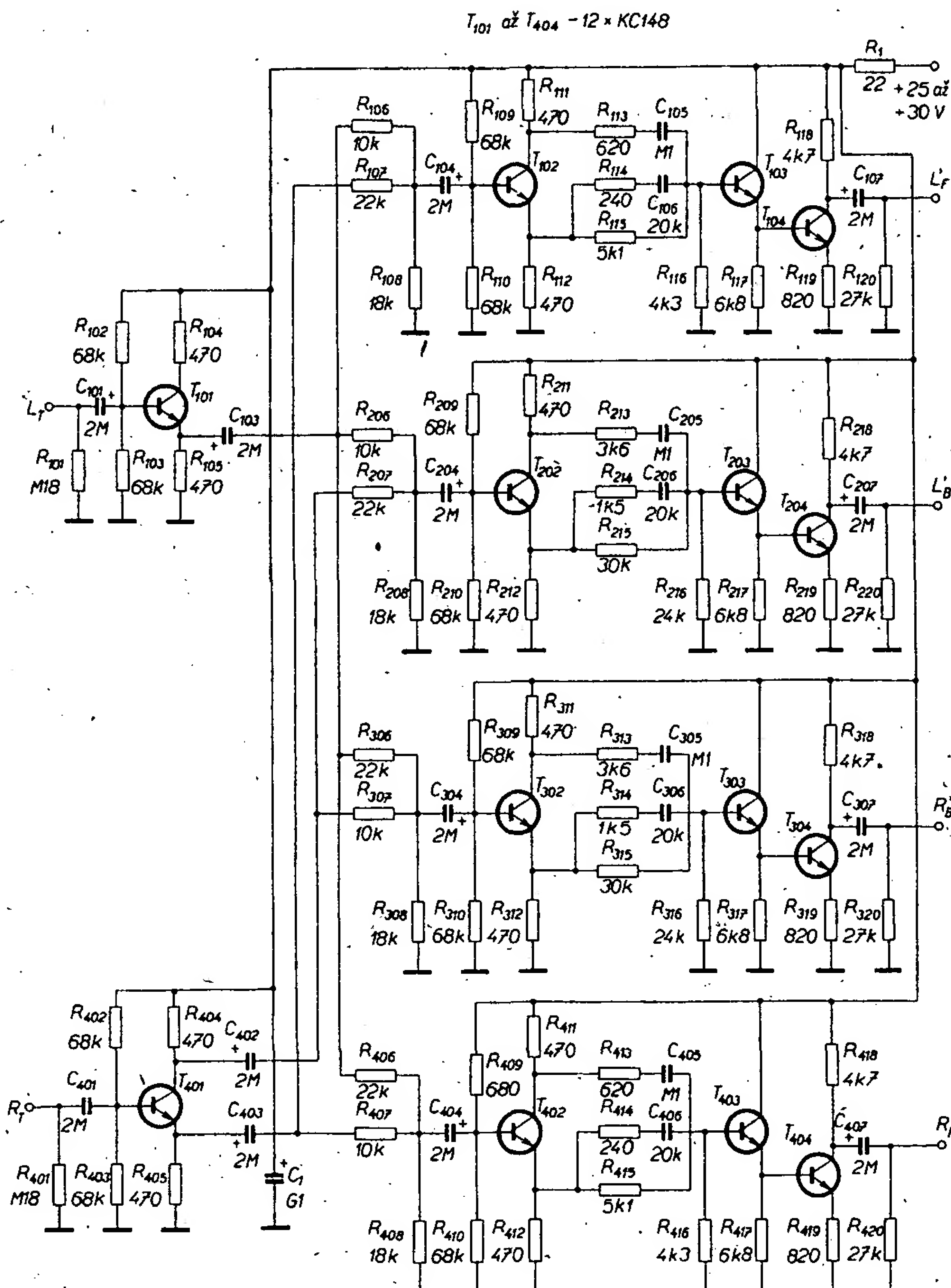
Potenciometry (libovolné typy; z otočných např. TP 280, z tahových TP 601, TP 610)

R_{39}	5 kΩ, logaritmický
R_{40}, R_{41}, R_{42}	5 kΩ, lineární

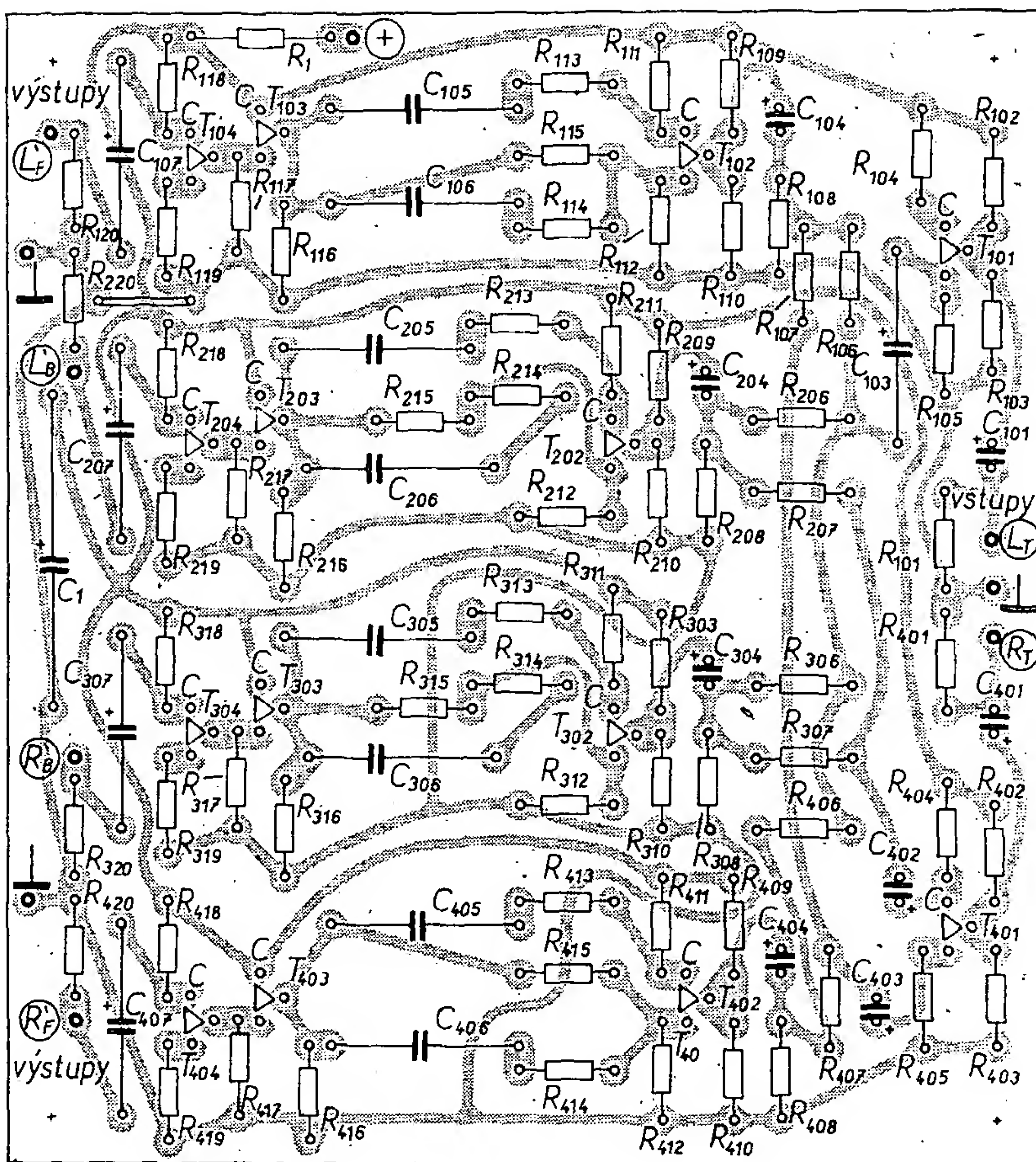
3. 4. Jednoduchý dekodér QS

Již v obecném popisu systémů jsme si řekli, že sice budeme preferovat systém SQ, protože v tomto systému budou kódovány československé kvadrofonní desky, ale že ve světě existuje také značné množství desek, kódovaných systémem QS Sansui (mohou být označeny i jako RM – Regular Matrix). Je tedy vhodné, především v amatérských konstrukcích, počítat jednak s možností připojit k zesilovači i dekodér QS, a jednak i s konstrukcí tohoto dekodéru. V této kapitole bude popsána konstrukce základního dekodéru QS, jehož schéma zapojení je na obr. 48. Vzhledem k dosud omezeným možnostem získání desek QS nepovažuji za nutné zabývat se v této době dekodérem Variomatrix pro jeho neúměrnou složitost vzhledem k počtu dostupných desek.

A nyní k vlastnímu zapojení dekodéru QS. Tranzistory T_{101} a T_{401} slouží jednak k impedančnímu přizpůsobení směšovací matice a jednak (a to především) jako zdroj signálu s posuvem fáze 180°, nutným k dekódování signálu QS. Vlastní směšovací matici tvoří



Obr. 48. Schéma zapojení jednoduchého dekodéru QS



Obr. 49. Deska s plošnými spoji K225 jednoduchého dekodéru QS

Obr. 50. Osazená deska z obr. 49 je na 2. str. obálky

odpory R_{106}, R_{107}, R_{108} až R_{406}, R_{407} a R_{408}. Na bázích tranzistorů T_{102} až T_{402} (tj. T_{102}, T_{202}, T_{302} a T_{402}, viz pozn. dříve) jsou již dekódované signály QS, avšak se špatnými fázovými vztahy. Zmíněné čtyři tranzistory spolu s příslušnými odpory a kondenzátory tvoří obvody k posuvu fáze, za nimiž mají signály QS již definitivní podobu. Obvody k posuvu fáze jsou, jak si jistě mnohý všiml, stejné jako u základního dekodéru SQ, popsaného v kapitole 3.1. Zaručují tedy fázový posuv 90° v pásmu 100 Hz až 10 kHz s tolerancí ±12°.

Za těmito obvody následují oddělovací stupně, tvořené emitorovými sledovači s T_{103} až T_{403}. Na výstupu dekodéru jsou čtyři zesilovací stupně s T_{104} až T_{404}. Ty vyrovnávají útlum směšovací matice a fázovacích článků (asi 16 dB) tak, aby se celkové zesílení dekodéru rovnalo přibližně jedné.

Pokud jde o ostatní technické vlastnosti dekodéru, jako je kmitočtový průběh, odstup atd., platí o dekodéru QS totéž, co bylo řečeno o základním dekodéru SQ v kapitole 3.1.

Dekodér QS je navržen na desce s plošnými spoji podle obr. 49. Deska má stejný rozměr, jako deska dekodéru SQ. Stejné jsou i základní upevňovací díry, rovněž je nutné vytvořit připojovací body pomocí dutých nýtků nebo pájecích špiček. Součástky do směšovací matice je třeba vybírat s tolerancí minimálně 5 %, stejně i součástky do fázovacích členů. Tranzistory je možno použít bez výběru, a mohou to být jakékoli typy z řady KC.

Hotový dekodér (obr. 50) lze měřit stejně, jako dekodér SQ, i když se pochopitelně musí nastavovat jiné amplitudové a směšovací vztahy. Při měření můžeme jako vstupní signál použít signál tónového generátoru nebo generátoru signálu QS. K výstupu dekodéru připojíme milivoltmetr a osciloskop. Vhodnější je tentokrát začínat běžným tónovým generátorem. Připojíme ho na vstup L_T a kontrolujeme, zda je při vstupním signálu 0,5 V, 1000 Hz na výstupech L'_F a L'_B napětí stejné úrovně, s tolerancí 0,5 dB. Pak výstupní napětí generátoru zvětšujeme a na osciloskopu pozorujeme tvar sinusovky, která nesmí být zkreslená až do výstupního napětí asi 2 až 2,5 V při napájecím napětí 30 V. Tento postup opakujeme i pro pravé kanály při přepojení generátoru na vstup R_T.

Dále nastavíme napětí generátoru (připojeného ke vstupu R_T) tak, aby na výstupech R'_F a R'_B bylo napětí 0,5 V. Měříme napětí v kanálech L'_F a L'_B, které musí být 0,207 V. Tolerance je opět maximálně 0,5 dB. Tento postup opakujeme i opačně, tj. signál 0,5 V, 1000 Hz připojíme do L_T, nastavíme v L'_F a L'_B napětí 0,5 V a měříme napětí v R'_F a R'_B – musí být 0,207 V s tolerancí 0,5 dB.

Ke kontrole zesílení dekodéru potřebujeme zakódovaný signál QS, tedy generátor signálu QS. Generátor je popsán v kapitole 5.2. Přivedeme-li na vstupy dekodéru zakódovaný signál (např. na L_F), který má na vstupu L_T amplitudu 0,5 V a na vstupu R_T 0,207 V, měli bychom dostat na výstupu L'_F výstupní napětí o amplitudě asi 0,5 V. Vzhledem k nepatrným odchylkám oproti stavu, kdy se budí pouze jeden kanál, není se třeba touto kontrolou příliš zabývat.

Naproti tomu se bez generátoru signálu QS neobejdeme při kontrole přeslechů dekodéru. Chceme-li je kontrolovat, volíme jako vstupní signály postupně všechny rohové signály (zakódované QS) a na výstupu měříme přeslechy, které by měly být v protilehlém kanálu větší než 20 dB (teoreticky žádné) a v postranních kanálech 3 dB s tolerancí asi 0,5 dB. Tedy např.: zvolíme na generátoru zakódovaný signál R_F a měříme přeslech, který musí být na výstupu L'_B minimálně 20 dB a v L'_F a R'_B asi 3 dB. V ostatních kanálech postupujeme analogicky.

Středové přeslechy z C_F do C_B a naopak musí být asi 7,7 dB (menší odchylky nejsou na závadu). Na závěr měření lze zkontrolovat fázový posuv v závislosti na kmitočtu. Fázový posuv by měl být (mezi výstupy L'_F a L'_B, popř. R'_F a R'_B) v tolerancích, uvedených na začátku této kapitoly. Při měření L'_F a L'_B budíme z tónového generátoru kanál L_T a naopak.

Seznam součástek

Odpory (vesměs TR 112a, kromě R_1)

R_1	TR 144, 22 Ω
R_{101}, R_{401}	0,18 MΩ/A
R_{102}, R_{103}, R_{402}, R_{403}, R_{109}, R_{110}, R_{209}, R_{210}, R_{309}, R_{310}, R_{409}, R_{410}	68 kΩ/A
R_{101}, R_{401}	0,18 MΩ/A
R_{104}, R_{105}, R_{404}, R_{405}, R_{111}, R_{112}, R_{211}, R_{212}, R_{311}, R_{312}, R_{411}, R_{412}	470 Ω/B
R_{106}, R_{206}, R_{307}, R_{407}	10 kΩ/B
R_{107}, R_{207}, R_{306}, R_{406}	22 kΩ/B
R_{108}, R_{208}, R_{308}, R_{408}	18 kΩ/B
R_{113}, R_{413}	620 Ω/B
R_{213}, R_{313}	3,6 kΩ/B
R_{114}, R_{414}	240 Ω/B
R_{115}, R_{415}	5,1 kΩ/B
R_{215}, R_{315}	30 kΩ/B
R_{116}, R_{416}	4,3 kΩ/B
R_{216}, R_{316}	24 kΩ/B
R_{117}, R_{217}, R_{317}, R_{417}	6,8 kΩ
R_{118}, R_{218}, R_{318}, R_{418}	4,7 kΩ/A
R_{119}, R_{219}, R_{319}, R_{419}	820 Ω/A
R_{120}, R_{220}, R_{320}, R_{420}	27 kΩ/A

Kondenzátory

C_1	TE 986, 100 μF
C_{101}, C_{104}, C_{204}, C_{304}, C_{401}, C_{402}, C_{403}, C_{404}	TE 005, 2 μF
C_{103}, C_{107}, C_{207}, C_{307}, C_{407}	TE 986, 2 μF
C_{105}, C_{205}, C_{305}, C_{405}	TC 180, 0,1 μF/B
C_{106}, C_{206}, C_{306}, C_{406}	TC 235, 20 nF/B

Tranzistory

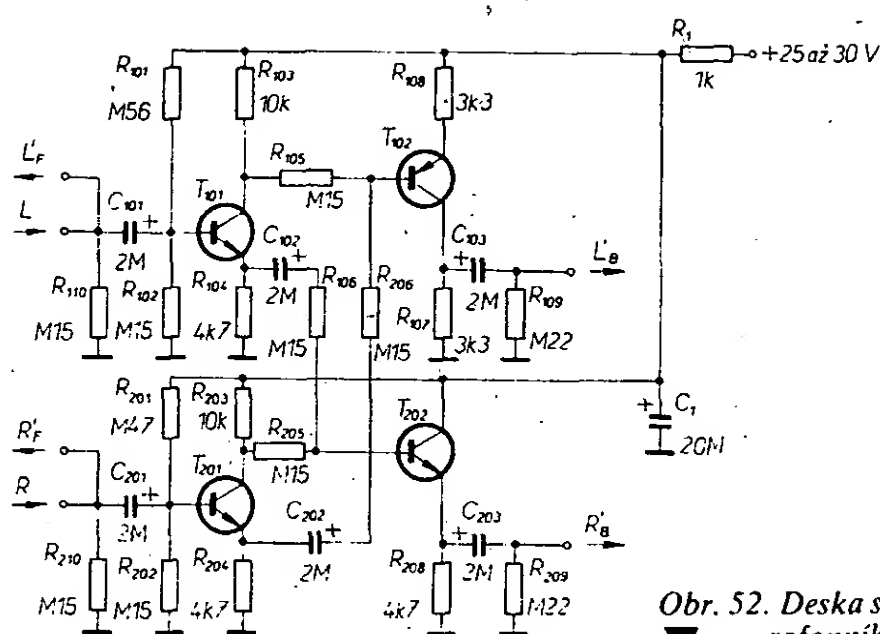
T_{101} až T_{401}	KC148 nebo pod.

3. 5. Dekodér pro pseudokvadrofonii

Z mnoha jednoduchých i složitějších zapojení bylo nakonec zvoleno zapojení, které je na obr. 51. Je to jednoduchá matice bez posuvu fáze, poslechové výsledky jsou však vcelku dobré. Dekodér podle obr. 51 vytváří jednotlivé kanály podle následujících rovnic:

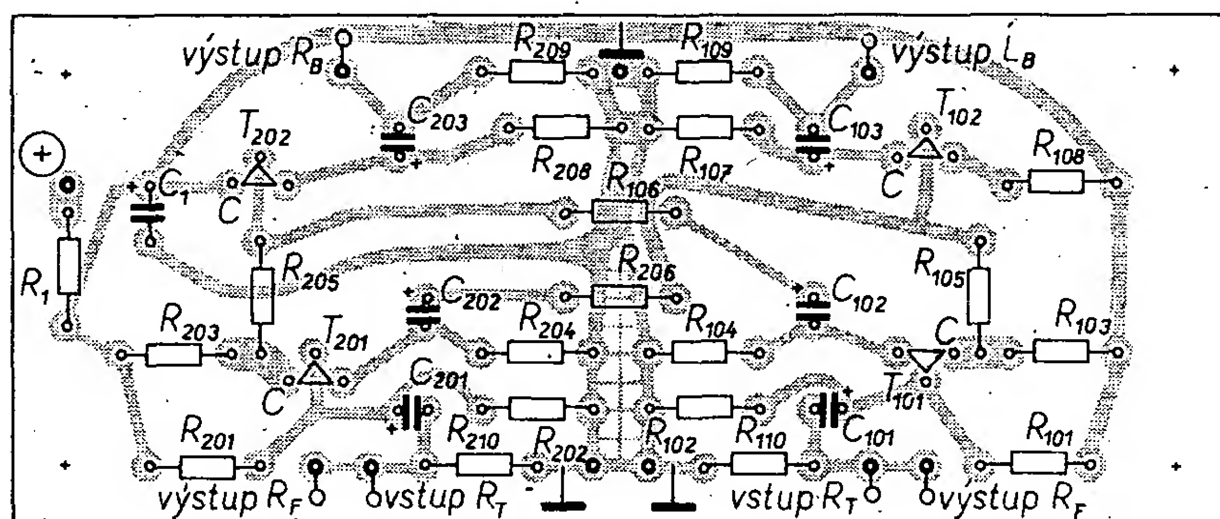
$$L'_F = L;\ L'_B = L - 0,5R;$$
$$R'_F = R;\ R'_B = -R + 0,5L.$$

Jedná se tedy o celkem běžnou rozdílovou matici a to s jednou změnou – u zadních kanálů jsou rozdílové signály ve fázi, což v některých případech přispívá k posuvu rozdílového zvukového obrazu směrem dozadu.



Obr. 51. Schéma pseudokvadrofonního dekodéru

Obr. 52. Deska s plošnými spoji pseudokvadrofonního dekodéru (K226)



Dekodér je navržen na desce s plošnými spoji podle obr. 52. Na obou vstupech jsou pájecí špičky (nebo nýtky) i pro přední kanály (viz schéma) proto, že je třeba zachovat jednotnost propojení s „pravými" kvadrofonními dekodéry.

Některé odpory je třeba vybírat s tolerancí 5 % (viz seznam součástek). Tranzistory jsou opět libovolné typy n-p-n z řady KC, tranzistor T_{102} je vodivosti p-n-p. Lze použít libovolný tranzistor z řady BC nebo KF517B.

Při měření dekodéru kontrolujeme vlastně pouze zesílení které by opět mělo být zhruba, rovno jedné, popř. 0,5 (tj. ze vstupu L do L'B a z R do R'B je zesílení jedna, z L do R'B a z R do L'B je zesílení 0,5). Dále zkontrolujeme maximální amplitudu výstupního napětí na obou výstupech zadních kanálů, která by měla být při napájení napětím 30 V minimálně asi 2,5 až 3 V. Fotografie hotového pseudokvadrofonního dekodéru je na obr. 53.

Obr. 53. Osazená deska pseudokvadrofonního dekodéru je na 2. straně obálky

Seznam součástek

Odpory (vesměs TR 112a)

R_1	1 kΩ
R_{101}	0,56 MΩ/A
R_{201}	0,47 MΩ/A
R_{102}, R_{202}	0,15 MΩ/A
R_{103}, R_{203}	10 kΩ/B
R_{104}, R_{204}	4,7 kΩ/B
R_{105}, R_{106}, R_{205}, R_{206}	0,15 MΩ/B
R_{107}, R_{108}	3,3 kΩ/B
R_{208}	4,7 kΩ
R_{109}, R_{209}	0,22 MΩ
R_{110}, R_{210}	0,15 MΩ

Kondenzátory

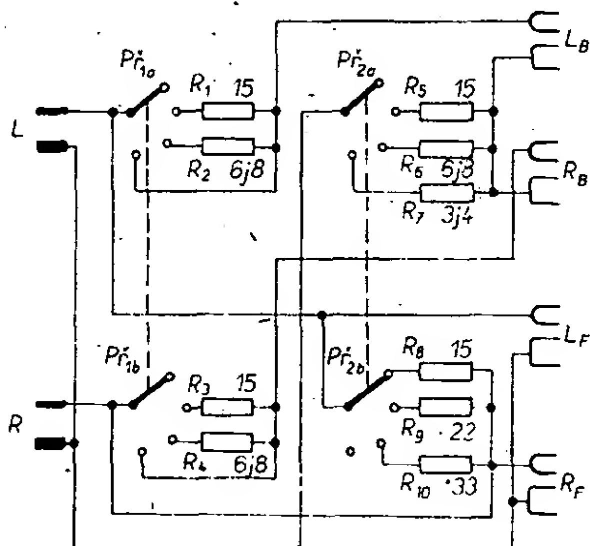
C_1	TE 005, 20 μF
C_{101}, C_{201}, C_{102}, C_{202}, C_{103}, C_{203}	TE 005, 2 μF

Tranzistory

T_{101}, T_{201}, T_{202}	KC148 nebo pod.
T_{102}	BC158 nebo pod. (KF517B)

3. 6. Pseudokvadrofonní reproduktorová matice

V kapitole 2.7. bylo popsáno několik druhů pseudokvadrofonních reproduktorových matic, které se ve spojení s dostatečně výkonným stereofonním zesilovačem velmi dobře hodí k počátečním pokusům s kvadrofonní reprodukcí (pro menší nároky jsou vhodné i k trvalejšímu provozu). Jedním z druhů popsaných matic je i matice, k jejímuž realizování je třeba přípravek na obr. 54. Schéma zapojení na obr. 54 by se snad mohlo zdát někomu zbytečně složité, je však ověřeno v praxi, že jednodušší zapojení bez možností regulace dávají horší výsledky, s nimiž jsou posluchači obvykle zklamáni.



Obr. 54. Zapojení reproduktorové matice; $Př_{1a}$, $Př_{1b}$ – hlasitost zadních kanálů, přepínač kreslen v poloze nulová hlasitost; $Př_{2a}$, $Př_{2b}$ – přeslechy zpředu dozadu, přepínač v poloze maximální oddělení. Připojení k zesilovači: kulatý kolík – živý vývod, plochý kolík – kostra

Přepínač $Př_1$ na obr. 54 slouží k regulaci hlasitosti zadních kanálů, pracuje tedy jako regulátor předozadního vyvážení. Tento regulátor je velmi potřebný především tehdy, sedí-li posluchač blíže k zadním reproduktorům. V poloze přepínače na obr. 54 jsou zadní reproduktory vypnuty a reprodukce je pouze stereofonní. Přepínač $Př_{2a}$ pracuje jako regulátor přeslechů mezi předními a zadními kanály (podrobněji byla jeho funkce popsána v kapitole 2.7.). V poloze přepínače, zakreslené na obr. 54, je oddělení zpředu dozadu největší, ve čtvrté poloze je reprodukce stejná vpředu i vzadu („dvakrát stereo"). Přepínač $Př_{2b}$ spolu s $Př_{2a}$ reguluje přeslechy mezi předními kanály. V daném zapojení je může, pochopitelně, pouze zhoršovat. To má však svůj význam: v předních kanálech se tím částečně ruší protifázové složky, které patří dozadu, přičemž zhoršení přeslechů mezi předními kanály není příliš velké. Jedná se tedy opět o zlepšení oddělení předních a zadních kanálů. Pro praktický provoz je třeba dodržet zásadu, že jsou-li odpojeny zadní kanály (reprodukujeme-li signál stereofonně), musí být přepínač $Př_2$ ve čtvrté poloze, aby se nezhoršovaly přeslechy.

Po konstrukční stránce je přípravek jednoduchý, přepínače, odpory i výstupní konektory jsou umístěny v bakelitové krabičce B6, která je běžně dostupná. Regulace přepínači je sice hrubá, ale mnohem jednodušší, než regulace potenciometry. Potenciometry by totiž musely být (alespoň na místě $Př_1$) tandemové a na zatížení asi 6 W – takové se nejen nesnadno shánějí, ale v provedení jako tandemové nejsou u nás vůbec k dostání. Přepínače naproti tomu umožňují jednoduchou konstrukci a umožňují i experimentovat – ať již změnou odporů, nebo zvětšením počtu přepínaných poloh apod.

Hotový přístroj je na obr. 55. Výkres mechaniky snad není třeba – do bočních stěn (v našem případě jsou to kratší strany krabičky) vyvrtáme a vypilujeme díry pro přívodní šňůry, do jedné z delších stran díry pro výstupní konektory. Přepínače lze použít libovolné, nejlépe nějaké robustnější typy, rozhodně se vyhneme miniaturním přepínačům (přenáší se značný výkon). Drátové odpory jsou připájeny přímo k vývodům přepínačů, které jsou upraveny tak, aby jejich ovládací hřídele byly vyvedeny horní stranou skříňky. Pro usnadnění obsluhy je skříňka opatřena kovovými (nebo jinak provedenými) štítky s popisem výstupních konektorů, funkcí a poloh přepínačů. Rovněž by měly být označeny přívodní šňůry (nejlépe na konektorech; R, L apod.). Trvanlivé označení získáme symboly na kouscích papíru, které jsou ke konektoru přilepeny Isolepou, kterou obtočíme kolem konektoru alespoň dvakrát – Isolepa drží totiž nejlépe sama na sobě. Zespodu je krabička uzavřena původním papírovým víčkem, s nímž se prodává. Pečlivější konstruktéři mohou dno opatřit přiměřenými nožkami.

Obr. 55. Pseudokvadrofonní reproduktorová matice je na 2. str. obálky

Seznam součástek

Krabička B6
přepínače $Př_1$ a $Př_2$, 2× 4 polohy
výstupní reproduktorové konektory, 4 ks
konektory pětikolíkové (zástrčky), 2 ks
propojovací vodiče – dvoulinka v PVC, YH 2x 0,75 mm, 1 m

Odpory (všechny 6 až 10 W, TR 511 nebo TR 611)

R_1, R_3	15 Ω
R_2, R_4	6,8 Ω
R_5	15 Ω
R_6	6,8 Ω
R_7	3,4 Ω (2x 6,8 Ω paralelně)
R_8	15 Ω
R_9	22 Ω
R_{10}	33 Ω

4. Kvadrofonní zesilovač

Čtyřkanálové zesilovače, používané v kvadrofonii, jsou značně složitá a nákladná zařízení. V počátcích kvadrofonie, zejména pseudokvadrofonních zařízení, se vedly dlouhé diskuse, mohou-li být pro zadní kanály použity zesilovače s menším výkonem, než jaký mají kanály přední a mohou-li být zadní reproduktorové soustavy menší, než přední. I když se tyto diskuse vedou mnohde dodnes, zdá se být tato otázka vyřešena – ve všech kanálech se používají stejně jakostní výkonové zesilovače a stejné reproduktorové soustavy. Důvod je prostý: kvadrofonní reprodukce má být (v ideálním případě) schopna vytvořit jakýkoli zvukový vjem v kterémkoli místě kruhové poslechové báze. Není možné, aby se např. při pohybu zdroje zvuku měnila barva zvuku, k čemuž by při nestejných reprodukčních cestách vpředu a vzadu jistě došlo. Proto musí být všechny reprodukční cesty stejné. Otázka výkonu není u kvadrofonních zesilovačů tak sledována, jak tomu bylo u stereofonních zesilovačů. V současné době snad ani jeden ze světových výrobců nenabízí kvadrofonní zesilovač s větším výkonem na kanál než asi 25 W. Je to přirozené, neboť čtyři kanály společně představují výkon kolem 100 W a takový výkon již vyžaduje velmi rozměrné součásti usměrňovače a stabilizátoru atd.

Kvadrofonní zesilovač má také více ovládacích prvků (vzhledem ke stereofonnímu zesilovači), i když jde někdy jen o „z nouze ctnost“. Příkladem jsou regulátory hlasitosti a korekcí. V dnešní době se u stereofonních zesilovačů používají oddělené regulátory pro levý a pravý kanál jen výjimečně. Naopak, u kvadrofonních zesilovačů je oddělená regulace pro přední a zadní kanály zcela běžná. Důvodem ovšem je pouze to, že čtyřnásobné potenciometry nejsou zdaleka tak běžné, jako potenciometry tandemové. Kdyby byla oddělená regulace kanálů nutná (např. hloubek a výšek), pak by bezpochyby bylo na místě regulovat každý kanál zvlášť a nikoli pouze přední a zadní dvojici.

Jinou kapitolou je ovšem kvadrofonní regulátor vyvážení (balance). Ten musí být (a je vždy) relativně velmi složitý, neboť se jím vyvažují čtyři kanály vůči sobě.

V dalším textu bude popsán kvadrofonní zesilovač vyšší kategorie, splňující požadavky Hi-Fi. Výstupní výkon byl zvolen 4 × 15 W, což vyhoví bezpochyby prakticky všem požadavkům. Zapojení je co nejjednodušší, aby zesilovač nebyl příliš nákladný. Blokové schéma zesilovače je na obr. 56.

Vstupní zesilovač obsahuje dvoukanálovou část, v níž jsou vstupy pro výstup z magnetické přenosky, z krystalové přenosky, z tuneru a magnetofonu. K výstupu zesilovače lze připojit dva dekodéry, např. SQ a QS. Výstupy dekodérů jsou vedeny do čtyřkanálové části vstupního zesilovače, k níž lze připojit i diskrétní čtyřkanálový vstup, např. výstup z dekodéru CD-4 apod. Výstup je připojen ke druhému funkčnímu celku, regulátoru hlasitosti a ke korekcím.

Ovládání je pro všechny čtyři kanály společné, ovládací prvky jsou tedy pouze tři. Korekce jsou zpětnovazební, jednoduchého a osvědčeného zapojení. Mezi výstupy korekcí a vstupy výkonových zesilovačů jsou zapojeny regulátory vyvážení, umožňující samostatně vyvážit přední a zadní kanály (balance F a balance B) a současně dvojice předních a zadních kanálů vůči sobě (balance F – B).

Dále následují čtyři výkonové zesilovače, z jejichž výstupů se napájejí reproduktory nebo sluchátka. Samostatným blokem je zdroj, rozdělený na část k napájení výkonových zesilovačů a stabilizovanou část k napájení napěťových zesilovačů a dekodérů.

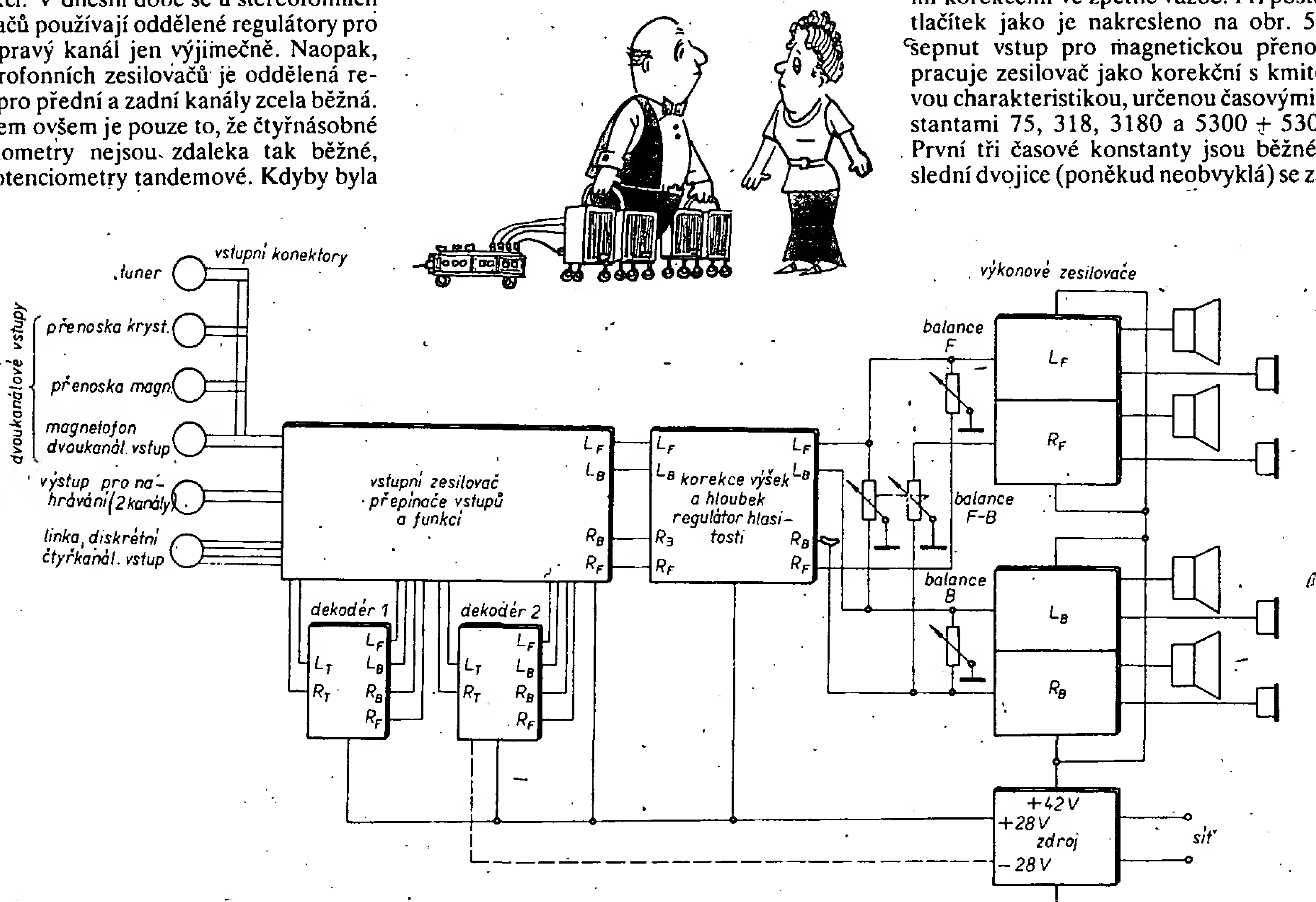
Z blokového schématu i z popisu je vidět, že zesilovač má univerzální koncepci a že lze ho vlastně použít pro jakýkoli kvadrofonní systém (s použitím příslušného dekodéru) a také ke stereofonní reprodukci s odpojenými zadními kanály. Rozhodnete-li se pro jeho stavbu, „vydrží“ vám jako základní článek reprodukčního řetězu velmi dlouho, bez ohledu na to, který z kvadrofonních systémů nakonec zvítězí a bude se používat celosvětově.

4. 1. Vstupní zesilovač

Na desce s plošnými spoji vstupního zesilovače je soustředěno několik funkčních celků. Je to jednak volič vstupů, jednak vstupní dvoukanálový zesilovač, dále volič funkcí – mono, stereo, diskrétní kvadro, dekodér 1 a 2, monitor a konečně výstupní čtyřkanálový oddělovací stupeň. K této desce se připojují všechny vstupy i výstup pro nahrávání na magnetofon a dekodéry; na výstupu je úplný čtyřkanálový signál k dalšímu zpracování. Jak je zřejmé z obr. 57, je zapojení vlastních zesilovačů celkem běžné, složitá je však tlačítková souprava a propojení přepínačů. Přitom je na obr. 57 schéma pouze jednoho kanálu, vlastně dvojice kanálů. Kromě tlačítka „mono“ jsou tedy ve skutečnosti všechny zesilovače a kontakty tlačítkových přepínačů zdvojeny.

Vstupní sada čtyř vzájemně se vybavujících tlačítek je určena k volbě jednotlivých vstupů a připojuje vstupní signál k bázi tranzistoru T_{101}, popř. T_{401}. Nezapojené vstupy jsou uzemněny, aby jejich signály případně nerušily, nebo nezhoršovaly přeslechy. Citlivosti vstupů a jejich vstupní impedance odpovídají normám a zvyklostem. Přitom je velmi jednoduché upravit vstupní citlivosti změnou odporů R_{101} nebo R_{102}, R_{103} (a současně R_{401}, R_{402}, R_{403}) podle potřeby. Vstup pro krystalovou přenosku by se mohl někomu zdát zbytečný, tímto vstupem jsou však běžně vybavovány i komerční přístroje. Existují totiž poměrně jakostní krystalové přenosky, které mohou s magnetickými pokud jde o parametry celkem úspěšně soutěžit, a které jsou však nesrovnatelně levnější. Kromě toho lze tohoto vstupu využít třeba k připojení druhého magnetofonu.

Za vstupní částí vstupního zesilovače následují třístupňové zesilovače s přepínatelnými korekcemi ve zpětné vazbě. Při postavení tlačítek jako je nakresleno na obr. 57 (je sepnut vstup pro magnetickou přenosku), pracuje zesilovač jako korekční s kmitočtovou charakteristikou, určenou časovými konstantami 75, 318, 3180 a 5300 + 5300 μs. První tři časové konstanty jsou běžné, poslední dvojice (poněkud neobvyklá) se začíná



Obr. 56. Blokové schéma kvadrofonního zesilovače

Obr. 57. Schéma zapojení jednoho kanálu vstupního zesilovače. (Tlačítko „přenoska magnetická“ stlačeno, ostatní tlačítka ve výchozí poloze.) Druhý kanál je identický, jeho součástky jsou značeny v rozpisce materiálu indexem 400 (R_{403}, T_{401} apod.), u dvojice výstupních tranzistorů indexem 300 pro zadní a 400 pro přední kanál. Společné pro oba kanály jsou R_I, C_I a tlačítko mono

v poslední době používat stále více. V praxi má záznam s touto časovou konstantou pokles směrem k nízkým kmitočtům od mezního kmitočtu 30 Hz se směrnicí 12 dB/okt. Ačkoli toto řešení naprosto nezmenšuje jakost reprodukce, neboť signál o kmitočtu 20 Hz je potlačen asi o 6 dB, přináší dvě podstatné výhody: velmi znatelně zmenšuje hluk gramofonu (který je největší právě v oblasti kmitočtů, nižších než 20 Hz) a potlačuje přenos blikavého šumu vstupních tranzistorů, což zlepšuje odstup užitečného signálu od šumu asi o 10 dB. (Pozn. red. Nedomníváme se, že autorem uváděné výhody čtvrté časové konstanty jsou průkazné, neboť které z běžně používaných reproduktorových soustav mohou vyzářit, nebo vyzařují signály o kmitočtech kolem 20 Hz? Kromě toho i dolní mezní přenášený kmitočet nf zesilovačů bývá obvykle vyšší než 20 Hz.)

Obvody čtvrté časové konstanty jsou tvořeny články R_{113}, C_{104} a R_{120}, C_{111}, funkce obvodu je zachována i při přepnutí přepínače vstupů do jiné polohy (pro jiný vstupní signál). Při jiných vstupních signálech než je signál z magnetické přenosky se však mění zpětná vazba ve vstupním zesilovači a zesilovač má lineární zesílení v závislosti na kmitočtu (kromě onoho potlačení hloubek pod 20 Hz). Zesílení je asi 20 dB.

Výstup vstupního zesilovače je připojen k sadě tlačítek, umožňujících volit funkce přístroje. Prvním tlačítkem je nezávislé tlačítko (při prvním stisknutí sepne, při druhém rozepne) MONITOR. Není-li toto tlačítko stlačeno, přichází signál jednak přes odpor R_{104} (R_{404}) na výstup pro nahrávání na magnetofon (výstupní napětí asi 1 mV na 1 kΩ vstupní impedance záznamového zesilovače magnetofonu), a jednak na tlačítko STEREO k dalšímu zpracování. Stiskneme-li tlačítko MONITOR, odpojí se výstup T_{103} od dalších stupňů zesilovače a připojí se k výstupu pro nahrávání na magnetofon. Odpor R_{104} je přitom vyřazen. Dále se vstup magnetofonu odpojí od vstupního zesilovače a připojí se přes další tlačítka k výstupním emitorovým sledovačům T_{104} až T_{404}. Takto je možno vložit mezi stupně s T_{103}, T_{104} atd. další funkční celek, připojený zvnějšku, např. omezovač šumu (DNL, DOLBY) apod. Takto je možné připojit i další dekodér, jehož vstup připojíme do konektoru pro magnetofon a výstup do konektoru čtyřkanálové linky. Pak ovšem musíme stlačit také tlačítko LINKA. Je zřejmé, že při stisknutém tlačítku MONITOR můžeme volit kterýkoli ze vstupů kromě vstupu pro magnetofon.

Dalším tlačítkem, opět nezávislým, je tlačítko MONO (na obr. 56 nejsou pro přehlednost tlačítka nakreslena v tom pořadí, jaké mají ve skutečnosti). Tímto tlačítkem spínáme výstupy T_{103} a T_{403}. Dále následuje čtveřice vzájemně se vybavujících tlačítek, jimiž lze volit další funkce přístroje. Prvním z nich je tlačítko STEREO, které propojuje výstup T_{103} na vstup T_{104} (a T_{403} na T_{404}) a uzemňuje vstupy T_{204} a T_{304}. V této funkci pracuje zesilovač jako stereofonní, zadní kanály nedostávají žádný signál. Tlačítko DEKODÉR 1 umožňuje připojit mezi T_{103} a T_{104}, T_{204} (T_{403} a T_{304}, T_{404}) maticový kvadrofonní dekodér se zesílením asi jedna. Tzn. kterýkoli dekodér z kapitoly 3. Tlačítko DEKODÉR 2 není na obr. 57 vůbec nakresleno. Jde o tlačítko bez vlastních kontaktů, které vrací zbývající tři tlačítka do výchozí polohy; v této poloze lze pak připojit druhý dekodér, obvykle ten nejpoužívanější (funguje i tehdy, není-li stlačeno žádné tlačítko). Posledním v řadě je tlačítko LINKA – 4 kanály, které odpojuje vstupní zesilovače i dekodéry a přímo na vstupy T_{104} až T_{404} připojuje ze zvláštního konektoru diskrétní čtyřkanálový signál. O součinnosti tohoto tlačítka s tlačítkem MONITOR bylo již pojednáno.

Na desce jsou umístěny i čtyři výstupní emitorové sledovače T_{104} až T_{404}, sloužící k impedančnímu přizpůsobení regulátoru hlasitosti, který je umístěn na desce korekcí.

Deska s plošnými spoji vstupního zesilovače je na obr. 58. Všechna propojení mezi tlačítky a zesilovači jsou realizována plošnými spoji, je nutná pouze jedna drátová spojka. Díry pro součásti vrtáme vrtákem o ∅ 1,3 mm, díry pro tlačítkový přepínač vrtákem o ∅ 1,6 mm.

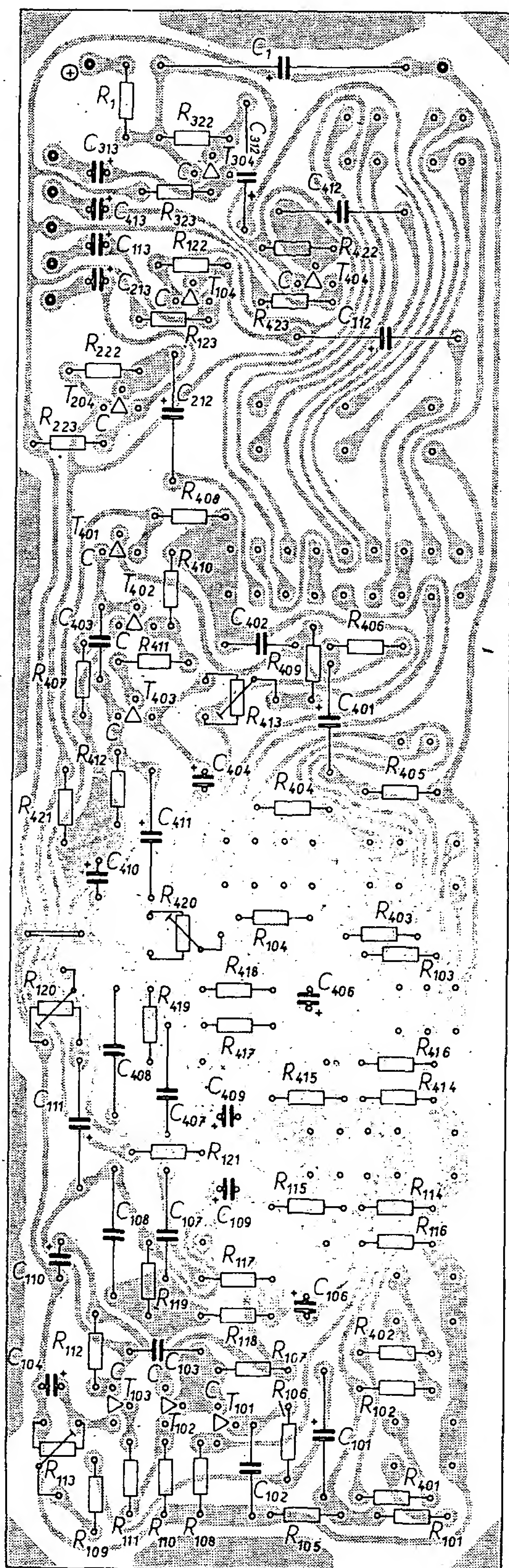
Na obr. 59 je nákres vlastní tlačítkové soupravy a všech vstupů a výstupů vstupního zesilovače. Do míst připojovacích bodů je opět vhodné připájet pájecí špičky. Tlačítková souprava je sestavena z přepínacích tlačítek Isostat polské výroby. Ze spodní strany tlačítkové soupravy je nutné odštípat ty vývody, pro něž nejsou v desce s plošnými spoji díry. Za provozu musí být deska i s tlačítky stíněna, což je v zesilovači řešeno víceúčelovými kryty. Pokud by někdo chtěl používat desku v jiné sestavě zesilovače, může si zhotovit stínění z kousků Cuprextitu, které pak připájí k základní desce. K tomu účelu slouží ostrůvky měděné fólie v rozích a po stranách desky s plošnými spoji. Stínění pak obvykle připojujeme na kostru celého zařízení, nikoli na zem vstupního zesilovače.

Uvedení do chodu je poměrně jednoduché, opět potřebujeme zdroj napájecího napětí asi 30 V, tónový generátor, nízkofrekvenční milivoltmetr a osciloskop. Trimry R_{113}, R_{413} a R_{120}, R_{420} nastavíme do střední polohy a připojíme napájecí napětí. Na tlačítku DEKODÉR 1 propojíme např. všechny vývody *1* a toto tlačítko stiskneme. Tím propojíme signál z výstupu T_{103}, T_{403} na přední i zadní výstupy desky. Na oba kanály vstupu TUNER (střední kolíky prvního tlačítka) připojíme tónový generátor a tlačítko stiskneme. K libovolnému výstupu připojíme milivoltmetr a osciloskop. Na generátoru nastavíme výstupní napětí 350 mV, kmitočet 1 kHz. Na osciloskopu pozorujeme sinusovku, jejíž správný tvar nastavíme trimrem R_{113}, popř. R_{413}. Současně při tomto měření nastavíme běžce trimrů R_{120} a R_{420} do polohy, v níž je výstupní napětí maximální. Může se stát, že trimry R_{113} nebo R_{413} nelze zkreslení výstupního napětí odstranit. V tom případě zmenšíme výstupní napětí trimry R_{120} (R_{420}).

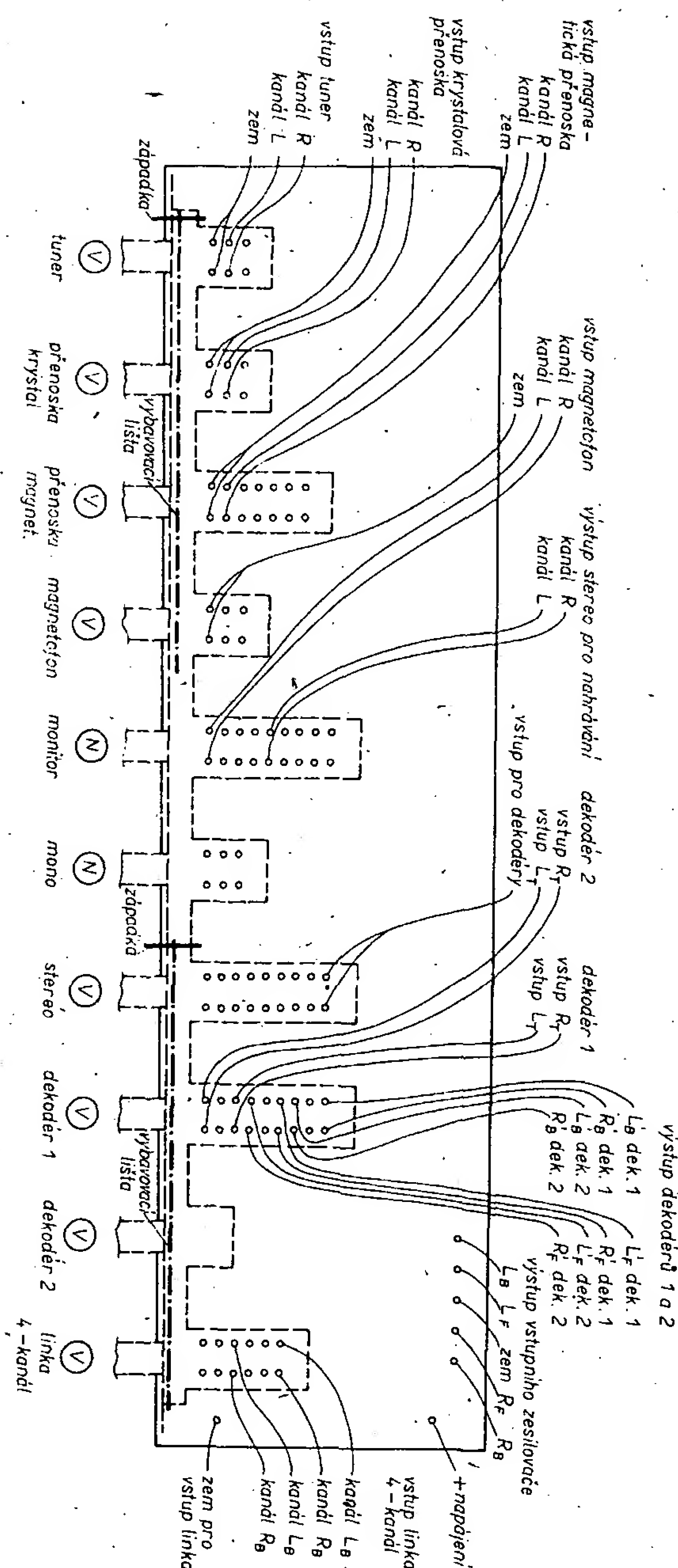
Zmizí-li zkreslení, je závada v obvodu emitorových sledovačů T_{104} až T_{404}, závadu odstraníme výměnou odporu R_{122} až R_{422} za jiný; vhodnou náhradu je třeba vyzkoušet. Po této kontrole zmenšíme výstupní napětí generátoru opět na 350 mV a trimry R_{120} a R_{420} nastavíme na všech výstupech napětí 600 mV.

Dále přivedeme signál 5 mV, 1000 Hz na vstup pro magnetickou přenosku. Na všech výstupech by mělo být opět napětí 550 až 650 mV. Vstupní napětí pak zmenšíme na 1 mV a kontrolujeme kmitočtovou charakteristiku. Na kmitočtu 20 kHz by měl být signál menší asi o 18,5 dB, na 50 Hz větší asi o 16 dB. Od 50 Hz by se měl signál směrem k nižším kmitočtům zmenšovat, zprvu mírně a od 20 Hz velmi prudce. Údaje pro kmitočty 20 kHz a 50 Hz mohou být v toleranci 2 dB.

Tím je vstupní zesilovač nastaven. Můžeme ještě podle schématu zkontrolovat zapojení a funkci jednotlivých tlačítek, při pečlivé montáži to však není třeba. Hotový vstupní zesilovač bez stínicích krytů je na obr. 56.



Obr. 58. Deska s plošnými spoji K228, osazená součástkami. Tlačítková souprava není zakreslena, její zapojení je na obr. 59



Obr. 59. Tlačítková souprava a připojovací body vstupního zesilovače. Pohled na tlačítka ze strany součástek. Tlačítka jsou kreslena čárkovaně pouze pro lepší odlišení od připojovacích bodů. Západky a vybavovací lišty jsou kresleny pouze schematicky. Nezávislá tlačítka jsou označena N, vzájemně se vybavující tlačítka písmenem V

Obr. 60. Hotový vstupní zesilovač bez stínicího krytu je na 3. str. obálky

Seznam součástek

Odpory (vesměs TR 112a) *a trimry*

R_{1}	68 Ω
R_{101}, R_{401}	0,27 MΩ/A
R_{102}, R_{103}, R_{402}, R_{403}	0,47 MΩ/A
R_{104}, R_{404}	1 MΩ/A
R_{105}, R_{405}	68 kΩ/A
R_{106}, R_{406}	390 Ω/A
R_{107}, R_{407}	0,22 MΩ
R_{108}, R_{408}	3,9 kΩ/A
R_{109}, R_{409}	0,22 MΩ
R_{110}, R_{410}	6,8 kΩ
R_{111}, R_{411}	56 Ω/A
R_{112}, R_{412}	2,2 kΩ
R_{113}, R_{413}	trimr TP 009, 470 Ω
R_{114}, R_{414}	0,1 MΩ/A
R_{115}, R_{415}	47 kΩ/A
R_{116}, R_{416}	390 Ω/A
R_{117}, R_{417}	2,7 kΩ/A
R_{118}, R_{418}	39 kΩ/A
R_{119}, R_{419}	0,39 MΩ/A
R_{120}, R_{420}	trimr TP 009, 15 kΩ
R_{121}, R_{421}	220 Ω
R_{122}, R_{222}, R_{322}, R_{422}	1,5 MΩ
R_{123}, R_{223}, R_{323}, R_{423}	6,8 kΩ

Kondenzátory

C_{1}	TE 986, 100 μF
C_{101}, C_{401}	TE 986, 10 μF
C_{102}, C_{402}	TC 281, 100 pF
C_{103}, C_{403}	TC 281, 22 pF
C_{104}, C_{404}	TE 002, 50 μF
C_{105}, C_{405}	
C_{106}, C_{406}	TE 002, 50 μF
C_{107}, C_{407}	TC 281, 1,8 nF/A
C_{108}, C_{408}	TC 281, 8,2 nF/A
C_{109}, C_{409}	TE 005, 20 μF
C_{110}, C_{410}	TE 005, 20 μF
C_{111}, C_{411}	TE 988, 1 μF
C_{112}, C_{212}, C_{312}, C_{412}	TE 986, 2 μF
C_{113}, C_{213}, C_{313}, C_{413}	TE 005, 2 μF

Tranzistory

T_{101}, T_{401}	KC149 (KC509)

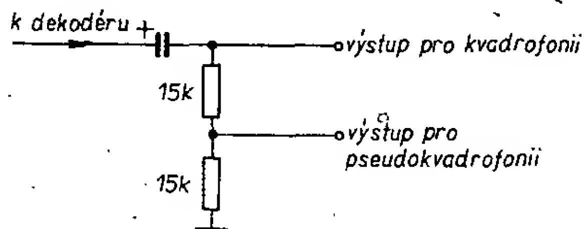
T_{102}, T_{103}, T_{402}, T_{403}	KC148 (KC508)
T_{104}, T_{204}, T_{304}, T_{404}	KC147 (KC507)
Tlačítková souprava	
souprava Isostat, viz text a obr. 59	

4. 2. Připojení dekodéru

Ke vstupnímu zesilovači z kapitoly 4.1. lze připojit všechny dekodéry, jejichž konstrukce byla popsána v kapitole 3. Dekodéry umisťujeme obvykle v blízkosti vstupního zesilovače a propojujeme je s ním stíněnými vodiči, které současně slouží jako záporný pól napájecího napětí dekodérů (kostra). Nejsou-li dekodéry umístěny v blízkosti napájecího síťového zdroje, není je třeba stínit. Dekodéry připojíme podle popisu v předchozí kapitole a podle obr. 57 k příslušným kolíkům tlačítkové soupravy. Stínění připojíme ke kostře předzesilovače rovněž prostřednictvím uzemněných kolíků tlačítkové soupravy. Jinak nejsou s připojením dekodérů žádné problémy, problémy jsou spíše s jejich výběrem pro náš zesilovač. Vstupní zesilovač umožňuje připojit dva dekodéry, otázkou tedy je, které vybrat. Jedním z nich by měl být bezpochyby dekodér SQ, nejlépe s logikou. Druhým dekodérem by mohl být QS nebo pseudokvadrofonní dekodér. Přitom lze používat pro pseudokvadrofonní reprodukci také základní dekodéry SQ a QS, což často výrobci těchto zařízení dělají. Jak jsme si ukázali v kapitole 2. 7., hodí se pro pseudokvadrofonní reprodukci prakticky bez úprav základní dekodér QS. Jeho nevýhodou jsou pouze větší přeslechy mezi L_F a R_F (asi 7,7 dB).

Ke pseudokvadrofonní reprodukci bývají využívány i dekodéry SQ. Výhodou je, že tyto dekodéry nezhoršují stranové přeslechy, ovšem výsledný dojem z reprodukce stereofonní nahrávky přes tento dekodér (tj. přes základní dekodér SQ) není valný. V reprodukci ruší relativně velká hlasitost zadních kanálů, a pak především přeslechy „přes úhlopříčku". Proto se často základní dekodér upravuje tak, aby se hlasitost zadních kanálů zmenšila; zadní kanály pak pouze vytvářejí dojem pozadí a nepůsobí rušivě.

Úprava základního dekodéru je velmi jednoduchá (obr. 61). Spočívá v rozdělení

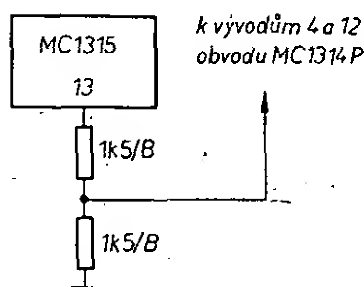


Obr. 61. Dělič ve výstupech zadních kanálů dekodéru SQ při použití pro pseudokvadrofonní reprodukci

odporu za výstupním elektrolytickým kondenzátorem na dva, které pracují jako dělič. Při reprodukci kvadrofonního signálu SQ používáme původní výstupy dekodéru, při pseudokvadrofonii použijeme v zadních kanálech výstupy z děličů. Celkový dojem z reprodukce je vcelku příznivý.

K dalším komplikacím dochází při použití dekodérů SQ s logikou pro pseudokvadrofonní reprodukci, protože logika nežádoucím způsobem posouvá zvukový obraz. Při tomto provozu je třeba jednak zmenšit úrovně zadních kanálů a jednak vypnout logiku. To znamená: u dekodéru s předozadní logikou z kapitoly 3. 2. rozpojit body C a D mezi porovnávacím obvodem a obvody pro proměnné směšování. Přestože nemá tlačítková souprava žádné volné kontakty, lze úpravu realizovat tak, že na tlačítku DEKODÉR 1 propojíme kontakty pro výstupy L_T a R_T na dekodér 1 i 2 (obr. 57). Ke čtyřem kontaktům, realizujícím funkci DEKODÉR 1, připojíme přední i zadní výstupy dekodéru. U předních kanálů opět propojíme kontakty pro výstupy z dekodérů 1 i 2, kontakty zadních kanálů ve funkci DEKODÉR 2 připojíme na odporové děliče podle obr. 61. Tím bude při funkci DEKODÉR 2 zapojen dekodér SQ pro pseudokvadrofonii, zbývá pouze vypnout logiku. To můžeme udělat tak, že místo tlačítka DEKODÉR 2, které je původně bez kontaktů, pouze vybavovací, použijeme tlačítko se dvěma přepínacími kontakty a kontaktní kolíčky zespodu odštípněme. Shora potom můžeme zapojit kontakty k bodům *C* a *D* logiky tak, aby se při stlačení tohoto tlačítka rozpojily.

Také u dekodéru s úplnou logikou a s integrovanými obvody lze toto zapojení realizovat. Úroveň zadních kanálů zmenšíme obdobně, jako v předchozím případě. Logiku odpojíme odpojením spojů, které vedou na vývody *4* a *12* obvodu MC1314P od obvodu logiky MC1315 a jejich připojením na napětí asi 0,6 V (stejnosměrné napětí). Toto napětí je možno získat na obvodu MC1315P (špička *13*) zapojením podle obr. 62. Tím je logika odpojena, všechny ostatní funkce obvodu MC1314P (regulace hlasitosti a vyvážení) zůstávají zachovány.



Obr. 62. Zapojení, jímž lze vyřadit logiku integrovaného dekodéru SQ

4. 3. Korekce

Dalším funkčním celkem kvadrofonního zesilovače je deska s plošnými spoji, na níž je čtyřnásobný regulátor hlasitosti a korekce hloubek a výšek. Jednotlivé regulátory korekcí jsou mechanicky propojeny a ovládají se pouze jedním knoflíkem (pro všechny čtyři kanály). Schéma jednoho ze čtyř kanálů je na obr. 63. Zbývající tři kanály jsou identické, v rozpisce součástek jsou jejich součástky uváděny s indexy 200, 300 a 400. Pro všechny čtyři kanály jsou společné R_1 a C_1 v napájecí větvi.

Signál ze vstupního zesilovače přichází nejprve na čtyřnásobný fyziologický regulátor hlasitosti, z něho pak na emitorový sledovač, tranzistor T_{101} (T_{201}, T_{301}, T_{401}), který je použit proto, že obvod korekcí je třeba napájet ze zdroje signálu s malým vnitřním odporem (asi 600 Ω max.). Za stupněm s T_{101} je vlastní zpětnovazební korektor výšek a hloubek zcela obvyklého zapojení. Tento korektor má velmi dobré vlastnosti a tu výhodu, že při použití lineárních potenciometrů souhlasí mechanický střed úhlu otáčení potenciometru s nastavením rovné kmitočtové charakteristiky. Kromě toho jsou lineární potenciometry častěji na trhu a mívají obvykle i lepší souběh, než potenciometry logaritmické.

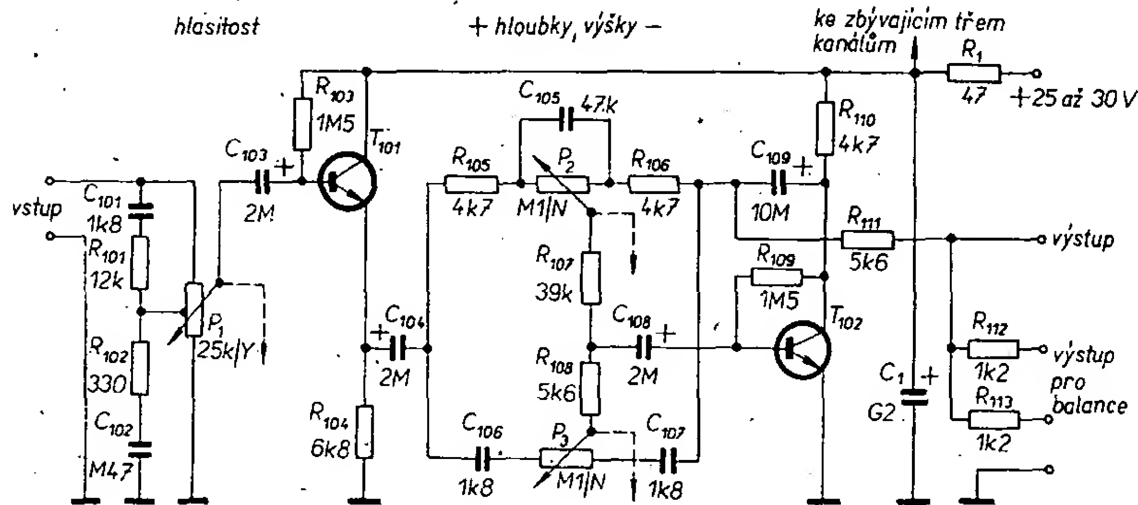
Na výstupu tranzistoru T_{102} (až T_{402}) je již korigovaný signál. Celá jednotka má zesílení asi 0,9 při regulátoru hlasitosti nastaveném na maximální zesílení. Odpory R_{112}, R_{113}, R_{114} (až R_{412}, R_{413}, R_{414}) jsou určeny k připojení regulátorů vyvážení a jsou na desce korekcí umístěny pouze vzhledem ke snadnější montáži.

Všechny čtyři kanály jsou na jedné desce s plošnými spoji, do níž jsou zapájeny i potenciometry, takže odpadají jakékoli drátové spoje (kromě spojů k připojení odboček regulátoru hlasitosti). Deska s plošnými spoji je na obr. 64.

Při stavbě bylo největším problémem získat nebo zhotovit čtyřnásobné potenciometry. I když jsou dnes v módě potenciometry tahové, nesnadno se shánějí – proto byly zvoleny běžné tandemové potenciometry z řady TP 280, spojené vždy dva za sebou. O axiálním spojování potenciometrů bylo v amatérském tisku napsáno dost, v našem případě by nejlépe vyhovovala spojka dvou hřídelí bez velkých nároků na prostor (tj. s malými rozměry). Vhodná spojka je na obr. 65. Při její konstrukci jsem využil toho, že tandemové potenciometry typu TP 283n a TP 289n, které jsem použil, mají uvnitř jako zakončení hřídele čípek, který se opírá o zadní stěnu pouzdra potenciometru a chrání jej tak před poškozením axiálním tlakem. Tento čípek jsem použil k upevnění jedné strany spojky.

Při úpravě potenciometrů postupujeme takto: vybereme vhodné dvojice potenciometrů, které mají alespoň stejný celkový odpor dráhy. Kdo má možnost, může vybrat potenciometry i podle jejich souběhu, tj. podle odporu v závislosti na natočení hřídele, a to nejen u jednoho tandemového potenciometru, ale u obou, které zamýšlí spojit spojkou. Souběh odporových drah v závislosti na natočení hřídele by měl být lepší než 15 %.

Po výběru příslušných dvojic potenciometrů odehneme vždy na jednom z nich



Obr. 63. Schéma zapojení jednoho kanálu regulátoru hlasitosti a korekcí. Potenciometry jsou spřaženy do čtveřic

výstupy

R_F výkonový zesilovač, balance; R_B výkonový zesilovač, balance

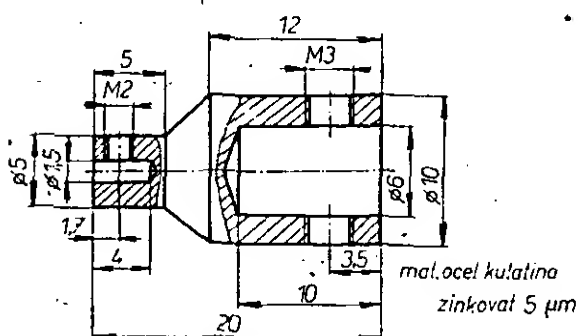
výšky hloubky hlasitost

vstupy R_F R_B · L_B L_F vstupy

výkonový zesilovač, balance L_F; výkonový zesilovač, balance L_B

Obr. 64. Deska s plošnými spoji K229 korekcí

upevňovací plíšky zadního krytu a kryt sejmeme. Do krytu (a u typu TP 283 také do izolační vložky a do nosné desky odporové dráhy) vystřihneme pokud možno uprostřed díru o Ø 11 až 12 mm. Na opěrném čípku je výhodné vypilovat jehlovým pilníkem malou plošku, aby se později „spoj" obou potenciometrů neprotáčel. Na užší stranu spojky našroubujeme šroub M2 s válcovou hlavou, spojku nasadíme na čípek, šroub pevně utáhneme na vypilované plošce a zajistíme proti pootočení zakápnutím barvou. Pak nasadíme zadní stěnu (u typu TP 283 nejprve odporovou dráhu a izolační vložku) a zahnutím plíšků opět zadní stranu připevníme. Při montáži dbáme, aby jednotlivé desky zapadly do správných zářezů a aby nevypadly



Obr. 65. Spojka potenciometrů

uhlíkové sběrače na běžcích. Po sestavení našroubujeme do druhé strany spojky dva šrouby (nebo lépe červíky) M3 × 4 mm. U druhého potenciometru dvojice zkrátíme hřídel na 25 mm (od čela, nikoli od konce upevňovacích závitů) a oba potenciometry provizorně spojíme přitažením šroubků M3 a zapájíme do desky s plošnými spoji. Potom šroubky opět povolíme, oba potenciometry natočíme do jedné krajní polohy a znovu šroubky upevníme, přitáhneme a zakápneme barvou. Tím je hotov čtyřnásobný potenciometr.

Fotografie hotové, kompletně osazené desky je na obr. 66.

Obr. 66. Hotová deska korekcí, vestavěná do zesilovače, je na 3. str. obálky

Při oživování se omezujeme pouze na kontrolu jednotlivých kanálů. Pomocí tónového generátoru, milivoltmetru a osciloskopu kontrolujeme, při poloze regulátorů hlasitosti (P_1) na maximu a při regulátorech hloubek (P_2) a výšek (P_3) uprostřed, přenášejí-li korekční obvody nezkresleně vstupní napětí asi 1,5 V/1000 Hz. Korekce přitom napájíme napětím 30 V. V krajních polohách P_2 a P_3 pak kontrolujeme zdvihy a potlačení signálu okrajových kmitočtů. Vstupní napětí přitom volíme takové, aby na výstupu nebylo větší napětí než asi 1,5 V (aby se nepřebudily stupně s T_{102} až T_{402}). Kmitočtová charakteristika by měla být v mezích asi ±18 dB na 20 a 20 000 Hz (vztaženo k 1000 Hz).

Dále je možno kontrolovat kmitočtovou charakteristiku fyziologické regulace hlasitosti; v praxi však stačí ověřit, je-li při nastavení korekcí uprostřed (rovná kmitočtová charakteristika) a regulátoru hlasitosti na −40 dB od maximální polohy zdvih hloubek asi 10 dB na 20 Hz a výšek asi 5 dB na 20 kHz. Charakteristiku kontrolujeme ve všech kanálech.

Seznam součástek

Odpory (vesměs TR 112a)

R_1	47 Ω/A
R_{101}, R_{201}, R_{301}, R_{401}	12 kΩ/A
R_{102} až R_{402}	330 Ω/A
R_{103} až R_{403}	1,5 MΩ/A
R_{104} až R_{404}	6,8 kΩ
R_{105} až R_{405}, R_{106} až R_{406}	4,7 kΩ/A
R_{107} až R_{407}	39 kΩ/A
R_{108} až R_{408}	5,6 kΩ/A
R_{109} až R_{409}	1,5 MΩ
R_{110} až R_{410}	4,7 kΩ
R_{111} až R_{411}	5,6 kΩ/A
R_{112} až R_{412}, R_{113} až R_{413}	1,2 kΩ/A

Kondenzátory

C_1	TE 986, 200 μF
C_{101} až C_{401}	TC 281, 1,8 nF/A
C_{102} až C_{402}	TC 180, 0,47 μF
C_{103} až C_{403}	TE 005, 2 μF
C_{104} až C_{404}	TE 986, 2 μF
C_{105} až C_{405}	TC 235, 47 nF
C_{106} až C_{406}	TC 281, 1,8 nF/A
C_{107} až C_{407}	TC 281, 1,8 nF/A
C_{108} až C_{408}	TE 986, 2 μF
C_{109} až C_{409}	TE 005, 10 μF

Tranzistory

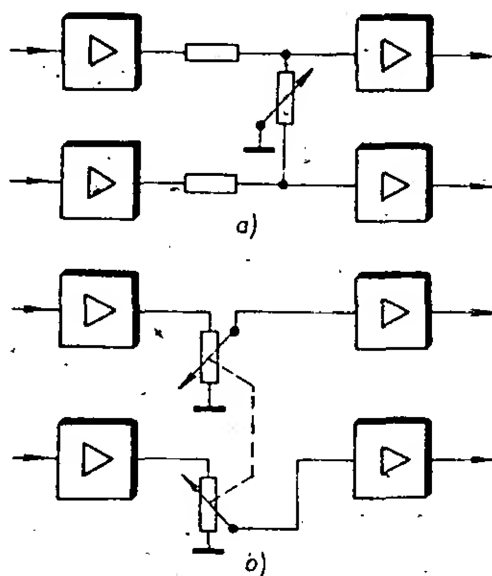
T_{101} až T_{407}	KC147 (KC507)

P_1		TP 289n, 2x 25 kΩ (logaritmický s odbočkou), 2 ks
P_2, P_3		TP 283n, 2x 0,1 MΩ (lineární), 4 ks

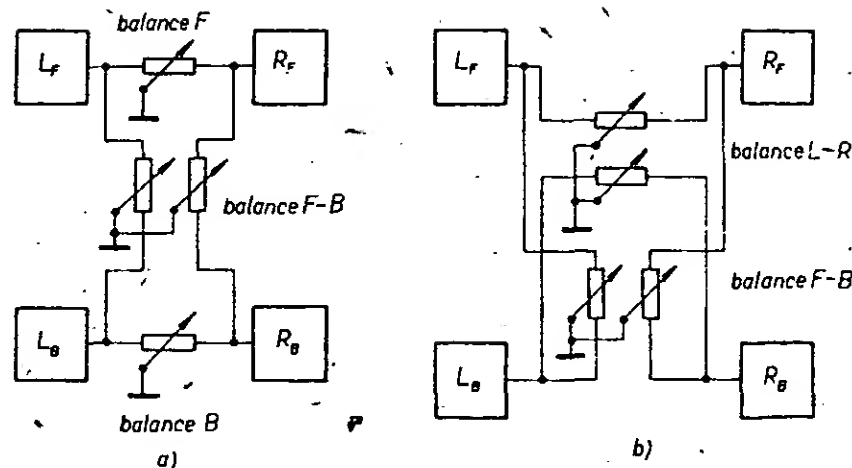
4.4. Balance

Regulátor vyvážení, všeobecně nazývaný balance, je zařízení dobře známé již ze stereofonie. Slouží k jemnému nastavení vzájemné hlasitosti kanálů (obvykle pracuje tak, že zesiluje-li se hlasitost v jednom kanálu, zmenšuje se hlasitost v druhém kanálu). V praxi se pro regulátor vyvážení používá buď jednoduchý, nebo dvojitý potenciometr tak, jak je to naznačeno na obr. 67. Jednoduchý potenciometr má obvykle uzemněný běžec a spolu se sériovými odpory pracuje jako proměnný dělič napětí. Stejně pracuje i zapojení s tandemovým potenciometrem, až na to, že jsou signály obou kanálů lépe odděleny. Toto druhé zapojení balance představuje vlastně dva regulátory hlasitosti, které mají obráceně zapojeny začátky a konce odporových drah, takže pracují „proti sobě". Pro zapojení podle obr. 67a se používají lineární potenciometry, nebo lépe potenciometry se speciálním průběhem (S), u nichž je změna odporu v závislosti na natočení běžce (nebo u posuvných potenciometrů na posuvu běžce) uprostřed odporové dráhy velká a na okrajích malá. U zapojení na obr. 67b se používají také lineární potenciometry, nebo potenciometry, které mají jednu dráhu logaritmickou a druhou exponenciální. Regulátor může být použit v přímé cestě signálu, pak způsobuje základní útlum signálu 1 až 6 dB, nebo ve větvi záporné zpětné vazby. Rozsah regulace bývá minimálně 12 dB.

Situace u kvadrofonního regulátoru vyvážení, balance, je poněkud komplikovanější. Místo dvou se vyvažují čtyři kanály! Vzhledem k větší složitosti „kvadrofonní balance" se až na řídké výjimky používá u kvadrofonních zařízení zapojení z obr. 67a. Stále ještě se však diskutuje otázka, co je třeba vlastně všechno vyvažovat. Pro balanci u kvadrofonních zařízení se nejčastěji používají tahové potenciometry, buď se vyvažují vůči sobě přední a zadní kanály samostatně a vzájemné vyvážení předních a zadních kanálů je společné, nebo se jedním prvkem vyvažuje zvukový obraz zleva doprava a druhým prvkem zpředu dozadu. Obě možnosti jsou na obr. 68a a 68b. Je velmi obtížné rozhodnout, které zapojení je lepší. První zapojení umožňuje dosáhnout větších regulačních možností, neboť dovoluje nezávisle vyvažovat přední i zadní dvojice. Druhé zapojení má jednodušší ovládání pouze dvěma ovládacími prvky. Náročný používatel by pravděpodobně volil spíše první variantu, začínajícímu konstruktérovi by asi lépe vyhovovala varianta jednodušší. Pro popisovaný zesilovač byla zvolena první varianta.



Obr. 67. Používaná zapojení regulátoru vyvážení ve stereofonii; a) s jednoduchým potenciometrem, b) s tandemovým potenciometrem



Obr. 68. Zapojení kvadrofonních regulátorů vyvážení s tahovými potenciometry; a) s dvěma jednoduchými a s jedním tandemovým potenciometrem, b) se dvěma tandemovými potenciometry

Z tohoto hlediska se nám jeví ovládání pákou, připomínající „knipl" podobný řídicí páce u letadla, jako nejvýhodnější. Tento způsob ovládání bývá u regulace kvadrofonního vyvážení používán v poslední době velmi často, nezřídka i v podobě dálkového ovládání z místa posluchače, což je velmi výhodné. Protože amatérská výroba takového zařízení je poměrně složitá, bylo by nesporně výhodnější ovládač v tomto provedení koupit hotový. Protože však se u nás nic podobného neprodává, nezbývá, než se pokusit o amatérskou konstrukci. Že je taková konstrukce realizovatelná, vyplývá z řady ovládačů leteckých modelů, které si již amatéři postavili.

Pro naše účely lze použít zapojení ovládače podle obr. 68b. V zásadě se jedná o to, že na dva potenciometry, jejichž hřídele jsou navzájem kolmé, jsou připevněny kulisy. V místě, v němž se kulisy kříží, prochází drážkami obou kulis ovládací páka, uložená v kulovém kloubu. Informativní výkres sestavy ovládače je na obr. 69, z něhož si zručný mechanik dokáže sám odvodit jednotlivé detaily. Pro konstrukci by bylo pochopitelně nejvýhodnější výlisky z plastické hmoty. V amatérských podmínkách se spíše použijí plechy a odlitky z epoxidové pryskyřice, které nahradí výlisky z plastických hmot. Na ovládači je důležité jednak bezvadné provedení kloubu, aby ovládání bylo plynulé, a jednak, což je nejdůležitější, naprosto přesné uložení ovládací páky ve zkřížených drážkách kulis obou potenciometrů. Drážky kulis musí být zhotoveny tak, aby ovládací páka v nich neměla znatelnou vůli, což by způsobilo nepřesnosti při ovládání.

Dalším problémem při realizaci ovládače jsou použité potenciometry. Musíme si totiž uvědomit, že z celkového úhlu otáčení hřídele, který u otočného potenciometru bývá asi 290°, můžeme v ovládači využít pouze 70 až 90°. Protože takové potenciometry nejsou dostupné, je možné využít například potenciometrů s odbočkami. V NDR se vyrábějí (a i u nás se občas seženou) lineární tandemové potenciometry se třemi odbočkami. Odporová dráha je tedy rozdělena na čtyři části asi po 70°, což pro náš účel vyhovuje. Jednu odbočku můžeme zapojit jako začátek a druhou jako konec odporové dráhy. Touto úpravou obsáhne právě potřebných 70° mezi oběma odbočkami. Fotografie hotového ovládače s takto upravenými potenciometry je na obr. 70. Lze však říci, že jeho stavba není jednoduchá a že ji zvládne jen vyspělý pracovník.

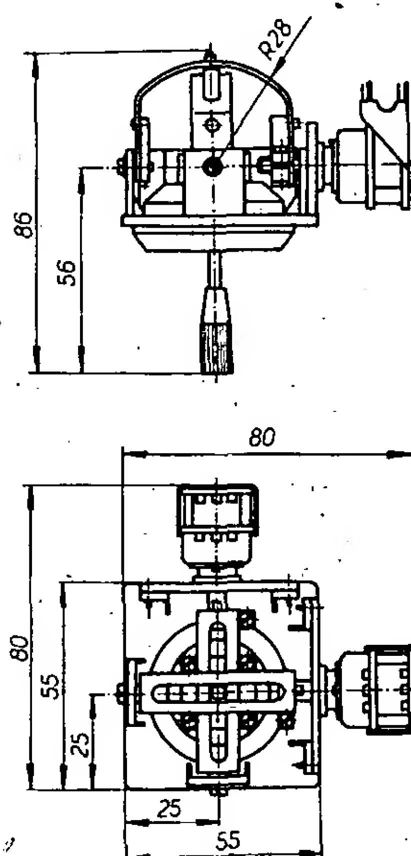
V konstrukci popisovaného zesilovače není ovládač v popsaném provedení použit,



ač je to možné. Přesto jsme po úvaze použili hotové tahové potenciometry, které se u nás běžně prodávají pod označením TP 601, TP 605 a TP 610 a jsou určeny do televizorů.

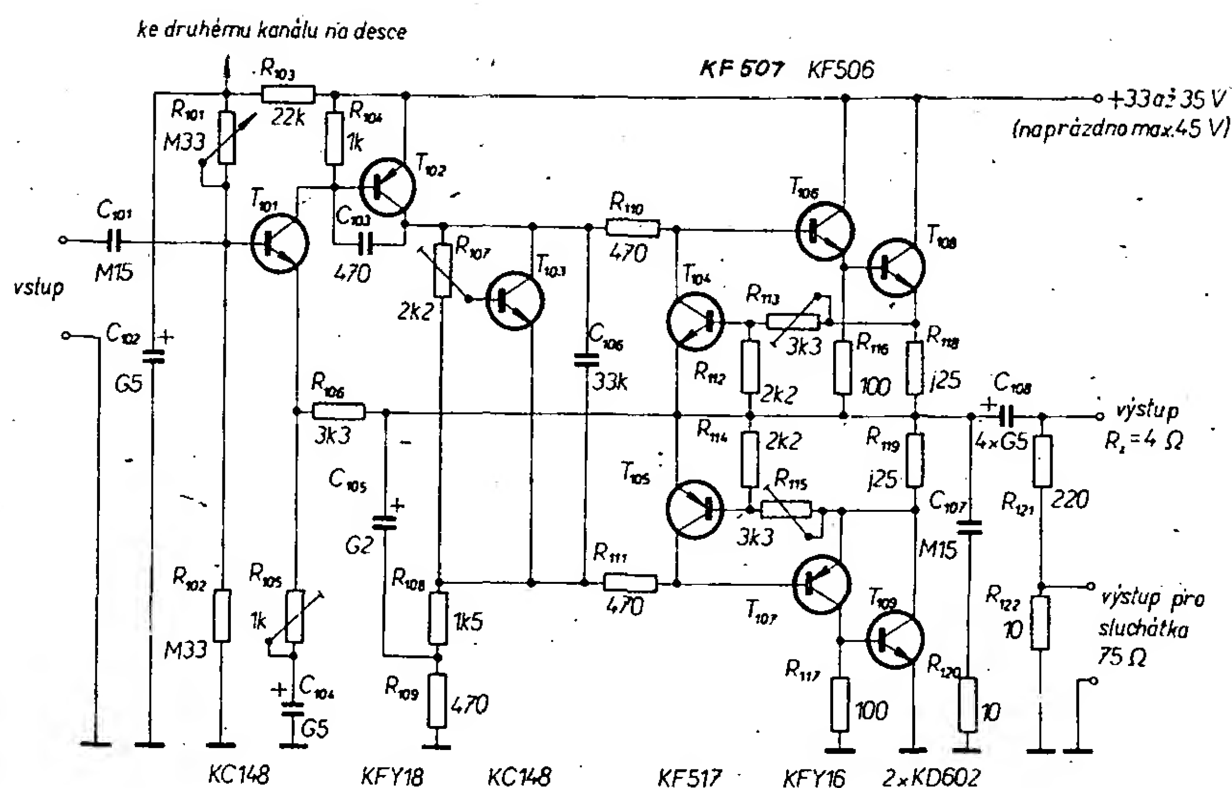
4.5. Výkonový zesilovač

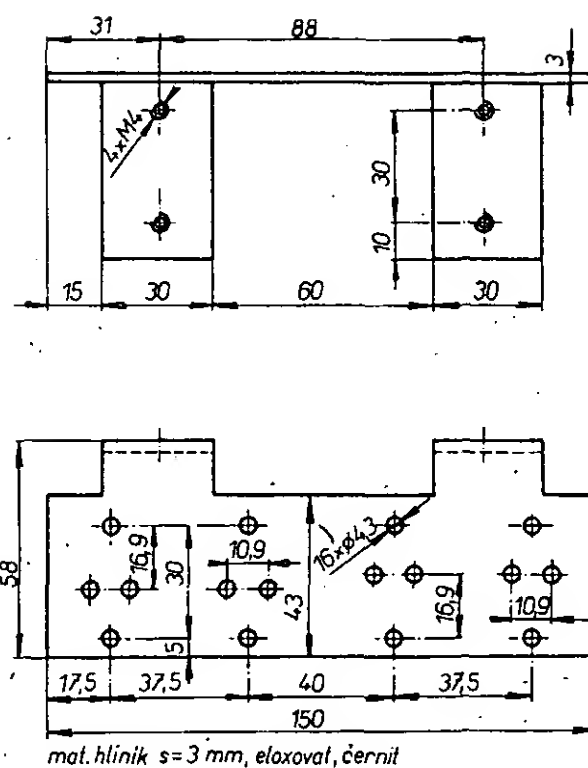
Protože jsou v kvadrofonním výkonovém zesilovači použity čtyři výkonové části, ovlivňuje to podstatně cenu celého zařízení. I když je v napěťovém zesilovači použito mnoho aktivních i pasívních prvků, nejsou náklady tak velké (ve srovnání s cenou výkonových tranzistorů). Na tuto skutečnost byl brán ohled při návrhu zapojení výkonového zesilovače. Použité kvazikomplementární zapojení je jednoduché a spolehlivé a umožňuje použít relativně levné tranzistory. Provozní spolehlivost značně zvětšuje i elektronická pojistka, která chrání zesilovač před zničením koncových tranzistorů při nahodilém zkratu na výstupu. Zapojení výkonového zesilovače je na obr. 71. Posuzujeme-li toto zapojení z hlediska současné obvodové techniky, je poněkud zastaralé. Oproti modernějším zapojením je však nesporně levnější a má velmi dobré parametry. Jeho zkreslení (při párovaných koncových tranzistorech a tranzistorech invertoru s činitelem 1 : 1,6) je maximálně 0,5 %. Též kmitočtový rozsah je značně velký, horní mezní kmitočet je



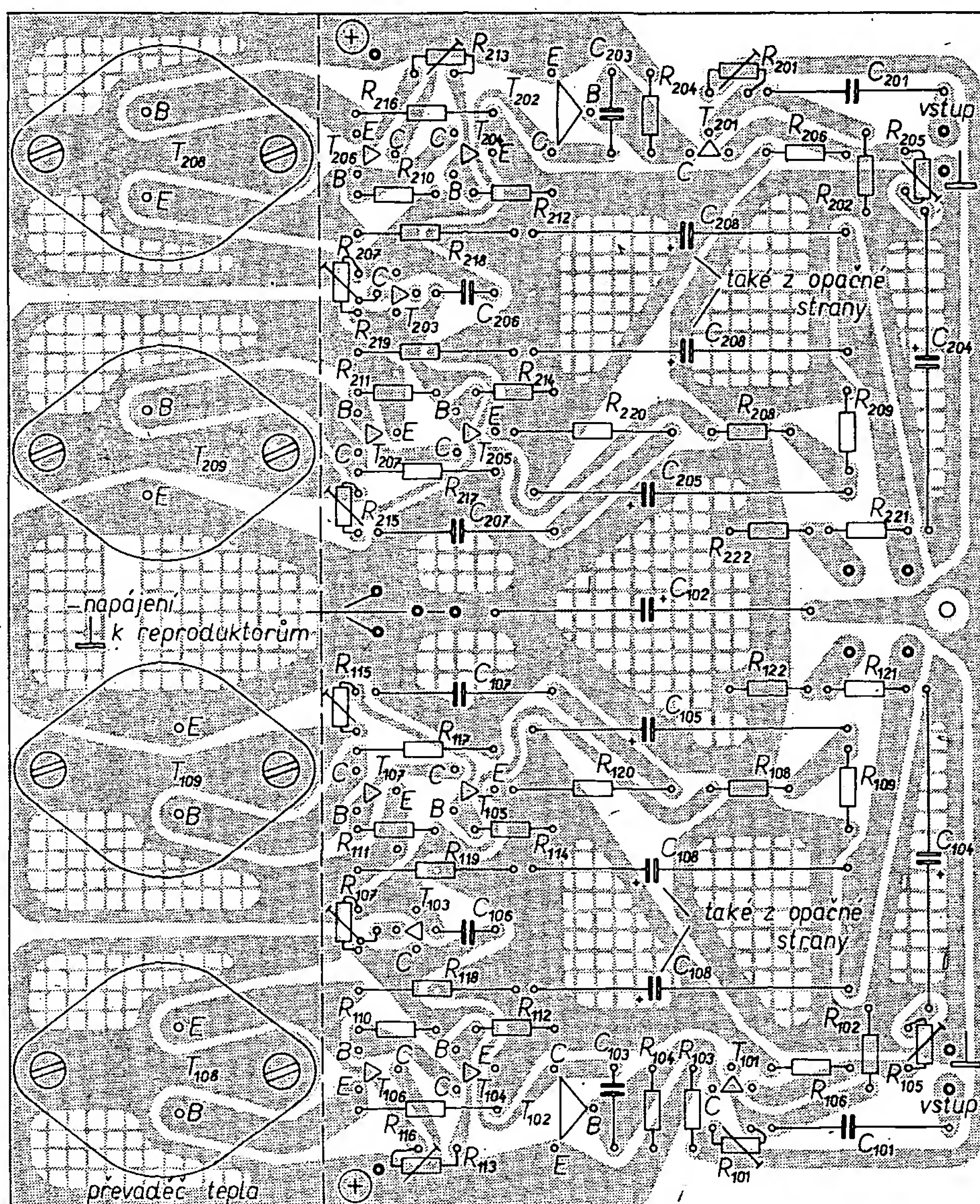
Obr. 69. Informativní nákres ovládače (kniplu)

Obr. 70. Ovládač pro kvadrofonní regulátor vyvážení je na 3. str. obálky


Obr. 71. Schéma zapojení výkonového zesilovače



Obr. 74. Převaděč tepla výkonových tranzistorů



Obr. 72. Deska s plošnými spoji K230 výkonového zesilovače

Obr. 73. Osazené desky s plošnými spoji výkonových zesilovačů jsou na 3. str. obálky

až 40 kHz, dolní mezní kmitočet závisí na kapacitě kondenzátoru C_{108} a odstup rušivých napětí je i při jednoduchém a nestabilizovaném zdroji minimálně −80 dB.

Signál je veden přes kondenzátor C_{101} na napěťový zesilovač T_{101}, na který je přímo navázán budič T_{102} a dále pak invertor T_{106} a T_{107}. Pak následuje koncový stupeň T_{108}

a T_{109}. Tranzistor T_{103} pracuje jako proměnný odpor mezi bázemi invertoru T_{106} a T_{107} a lze ho nastavit trimrem R_{107}. Tímto trimrem se nastavuje předpětí a tím tedy i klidový proud koncových tranzistorů. Tranzistor T_{103} se též podílí na teplotní stabilizaci zesilovače. Celý zesilovač je stejnosměrně vázán, pracovní bod se nastavuje odporem R_{101}. Komplementární dvojice tranzistorů T_{104} a T_{105}, které není třeba párovat, slouží jako proudová pojistka. Proud procházející výkonovými tranzistory způsobuje úbytek napětí na odporech R_{118} a R_{119}. Úbytek je veden na báze tranzistorů T_{104} a T_{105}. Okamžik jejich otevření lze nastavit trimry R_{113} a R_{115}, pro každou půlvlnu signálu zvlášť. Celý zesilovač je překlenut smyčkou zpětné vazby, jednak stejnosměrné (odpor R_{106}), a jednak střídavé (dělič R_{106} a R_{105}), oddělené kondenzátorem C_{104}. Volbou R_{105} můžeme tedy nastavit napěťové zesílení celého výkonového zesilovače.

Na desce s plošnými spoji jsou umístěny vždy dva kanály zesilovače společně. Rozmístění součástek je na obr. 72. Pro kvadrofonní zesilovač je tedy třeba použít dvě jednotky (obr. 73). Na desce s plošnými spoji jsou upevněny i výkonové tranzistory, takže odpadají jakékoli drátové spoje. Výkonové tranzistory jsou přišroubovány a připájeny přes hliníkový chladič tloušťky asi 3 mm (obr. 74). Tento chladič převádí teplo z tranzistorů na chladicí žebra, umístěná na zadním panelu zesilovače. Výkonové tranzistory jsou od hliníkové desky izolovány slídovými podložkami. Též šroubky, upevňující tranzistory (použijeme M3 × 10 až 12 mm s válcovou hlavou), musí být od desky izolovány, a to nejlépe silikonovou bužírkou. Přitom šroubky slouží pro připojení kolektoru, musí mít tedy vodivý kontakt s tranzistorem i se spojem na desce s plošnými spoji. Je třeba přitom dát pozor na ochranný nátěr. Je proto vhodné umístit pod matici se strany plošných spojů vějířovité podložky, které lak proseknou a zabezpečí dokonalý styk. Kromě toho zajistí šroubový spoj i proti povolení. V místech připojovacích bodů k desce zesilovače vyvrtáme díry o Ø 2,2 mm, do nichž zanýtujeme trubkové nýty o Ø 2 × 2,5 mm. Stejné díry vyvrtáme pro přívody bází a emitorů výkonových tranzistorů. Pro šroubky upevňující tranzistory vyvrtáme díry o Ø 3,5 mm, všechny ostatní díry mají Ø 1,3 mm. Před montáží výkonových tranzistorů namažeme jejich styčné plochy s chladičem a také chladič (hliníkovou desku) silikonovou vazelínou, abychom zajistili dobrý přestup jejich tepla. Ještě poznámka ke kondenzátoru C_{108}. Jeho kapacita je 2000 µF, je složen ze čtyř kondenzátorů 500 µF, přičemž dva z nich jsou umístěny ze strany součástek a další dva ze strany spojů. Při této výsledné kapacitě kondenzátoru je dolní mezní kmitočet zesilovače (za předpokladu zatěžovací impedance 4 Ω) 20 Hz, což plně vyhovuje požadavkům Hi-Fi.

Osazené výkonové zesilovače nastavujeme každý zvlášť. Mají samostatné napájení (až na obvod báze T_{101}, kde jsou vždy R_{101}, R_{103} a C_{102} společné pro oba kanály na desce). Díváme-li se na desku ze strany součástek a jsou-li výkonové tranzistory vzadu, musíme jako první nastavit levý zesilovač. Při nastavování pravého musí být zapojeno napájení i levého zesilovače.

K nastavení zesilovače potřebujeme opět tónový generátor, nízkofrekvenční milivoltmetr a osciloskop. Kromě toho potřebujeme zatěžovací odpor 4 Ω, dimenzovaný alespoň na 30 W (je ho možno zhotovit z odporového drátu, nebo složit z několika drátových odporů), stejnosměrný voltmetr a ampérmetr. Před měřením nastavíme všechny trimry do střední polohy. Do série se zdrojem zapojíme ampérmetr s rozsahem alespoň 6 A a připojíme zdroj k zesilovači. Máme-li zdroj s regulovatelným výstupním napětím, nastavíme zprvu napájecí napětí asi 20 V.

Po připojení napájecího napětí nejprve kontrolujeme klidový proud, který nastavíme trimrem R_{107} asi na 10 mA. Dále nastavíme trimrem R_{101} na kladném pólu C_{108} přibližně poloviční napájecí napětí zdroje. Klidový proud znovu nastavíme trimrem R_{107} asi na 15 mA. Potom ampérmetr přepneme na rozsah 6 až 10 A, ke vstupu zesilovače připojíme výstup z generátoru, k výstupu zátěž 4 Ω a paralelně k ní milivoltmetr a osciloskop. Výstupní napětí generátoru (kmitočet 1000 Hz) postupně zvětšujeme od nuly a pozorujeme sinusovku na osciloskopu. Bude-li signál omezován, zkoušíme změnou nastavení trimrů R_{113} a R_{115}, není-li omezování způsobeno pojistkou. Jestliže tomu tak je, nastavíme pojistku takovým způsobem, aby výstupní napětí nebylo omezováno, a vstupní napětí dále zvětšujeme. V opačném případě nastavíme tvar sinusovky trimrem R_{101}.

Nyní můžeme napájecí napětí zvětšit asi na 35 V. Znovu nastavujeme trimrem R_{101}, popř. R_{113} a R_{115} tvar výstupního napětí tak, aby k pozorovatelnému zkreslení sinusovky došlo až při napětí na výstupu asi 8 V. Výstupní signál musí být omezen symetricky. Symetrii omezení nastavíme trimrem R_{101}. Pak nastavíme na generátoru napětí na 300 mV a trimrem R_{105} upravíme výstupní napětí zesilovače na 7,8 V. To odpovídá výkonu 15 W na zatěžovací impedanci 4 Ω. Vstupní napětí ještě nepatrně zvětšíme tak, aby výstupní napětí ještě nebylo omezeno. Trimry R_{113} a R_{115} nastavíme tak, aby byl na obou půlvlnách výstupního napětí právě pozorovatelný začátek omezení. Tím je nastavena pojistka i celý zesilovač. Je výhodné, netrvá-li toto nastavování příliš dlouho, aby se zbytečně nepřehřívaly koncové tranzistory. Při práci trvající asi 10 minut se i při plném výkonu tranzistory nepřehřejí.

Po ukončení této práce necháme zesilovač vychladnout, připojíme jmenovité napájecí napětí, tj. 42 V, a trimrem R_{107} nastavíme klidový proud koncových tranzistorů na 20 mA. Tím je nastaven jeden kanál zesilovače. Kdo má možnost, může změřit zkreslení i kmitočtovou charakteristiku. Na velikost zkreslení má vliv délka přívodů od napáječe. Je proto výhodné umístit filtrační kondenzátor co nejblíže u desky zesilovače. Při měření je též třeba vyřadit ampérmetr. Zbývá k tomu pouze dodat, že zkreslení nízkých kmitočtů je závislé na filtraci napájení a že je proto nesprávné měřit ho v této kmitočtové oblasti s náhradním napájecím zdrojem. Pokud je vše v pořádku, nesmí zkreslení v rozsahu 60 až 20 000 Hz překročit 0,5 %.

Tím je zesilovač již připraven k vestavění do skříně. Pro úplnost je třeba dodat, že na obr. 71 je nakreslen pouze jeden kanál, na obr. 72 pouze dva kanály, značené indexy 100 a 200. Součástky pro druhé dva kanály jsou analogicky označeny v seznamu součástek indexy 300 a 400. Na desce s plošnými spoji jsou též umístěny děliče pro napájení sluchátek s impedancí 75 Ω. Pokud by bylo třeba použít sluchátka s odlišnou impedancí, bylo by třeba upravit výstup změnou R_{121}, R_{122} až R_{421}, R_{422}.

Seznam součástek

Odpory (TR 112a, není-li uvedeno jinak)

R_{101}, R_{201}, R_{301}, R_{401}	trimr WN 790 10, 0,33 MΩ
R_{102} až R_{402}	0,33 MΩ
R_{103}, R_{303}	22 kΩ
R_{104} až R_{404}	1 kΩ
R_{105} až R_{405}	trimr WN 790 10, 1 kΩ
R_{106} až R_{406}	3,3 kΩ
R_{107} až R_{407}	trimr TP 008, 2,2 kΩ
R_{108} až R_{408}	1,5 kΩ
R_{109} až R_{409}	470 Ω
R_{110} až R_{410}	470 Ω
R_{111} až R_{411}	470 Ω
R_{112} až R_{412}	2,2 kΩ
R_{113} až R_{413}	trimr WN 790 10, 3,3 kΩ
R_{114} až R_{414}	2,2 kΩ
R_{115} až R_{415}	trimr WN 790 10, 3,3 kΩ
R_{116} až R_{416}	TR 152, 100 Ω
R_{117} až R_{417}	TR 152, 100 Ω
R_{118} až R_{418}	drátový odpor 0,25 Ω, drát na tělísku TR 144
R_{119} až R_{419}	drátový odpor 0,25 Ω, drát na tělísku TR 144
R_{120} až R_{420}	TR 636, 10 Ω
R_{121} až R_{421}	220 Ω
R_{122} až R_{422}	10 Ω

Kondenzátory

C_{101}, C_{201}, C_{301}, C_{401}	TC 180, 0,15 µF
C_{102}, C_{302}	TE 986, 500 µF
C_{103} až C_{403}	TC 281, 470 pF
C_{104} až C_{404}	TE 986, 500 µF
C_{105} až C_{405}	TE 986, 200 µF
C_{106} až C_{406}	TK 750, 33 nF
C_{107} až C_{407}	TC 180, 0,15 MΩ
C_{108} až C_{408}	TE 986, 4x 500 µF (viz text)

Tranzistory

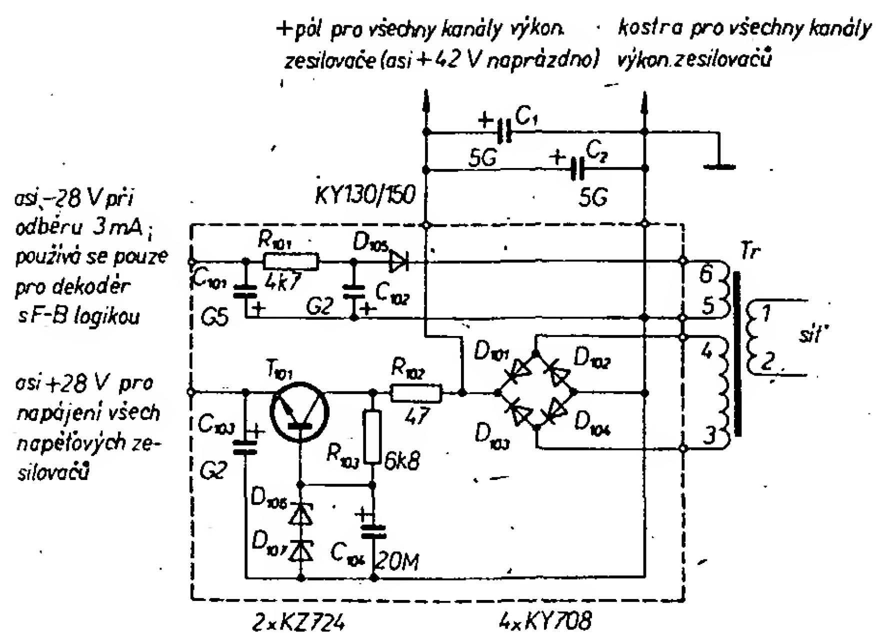
T_{101} až T_{401}	KC148
T_{102} až T_{402}	KFY 18 (nebo KF517B s U_{CE} min. 40 V)
T_{103} až T_{403}	KC148
T_{104} až T_{404}	KF507
T_{105} až T_{405}	KF517
T_{106} až T_{406}	KF506
T_{107} až T_{407}	KFY16 (nebo KF517A s U_{CE} min. 40 V)
T_{108} až T_{408}	KD602
T_{109} až T_{409}	KD602

Tranzistory T_{106} a T_{107} až T_{406}, T_{407} jsou párovány. V pracovním bodu U_{CE} = 10 V, I_C = 10 mA je poměr jejich zesilovacích činitelů max. 1,6. Stejně jsou párovány tranzistory T_{108} a T_{109} až T_{408}, T_{409} v pracovním bodu U_{CE} = 4 V, I_C = 2 A.

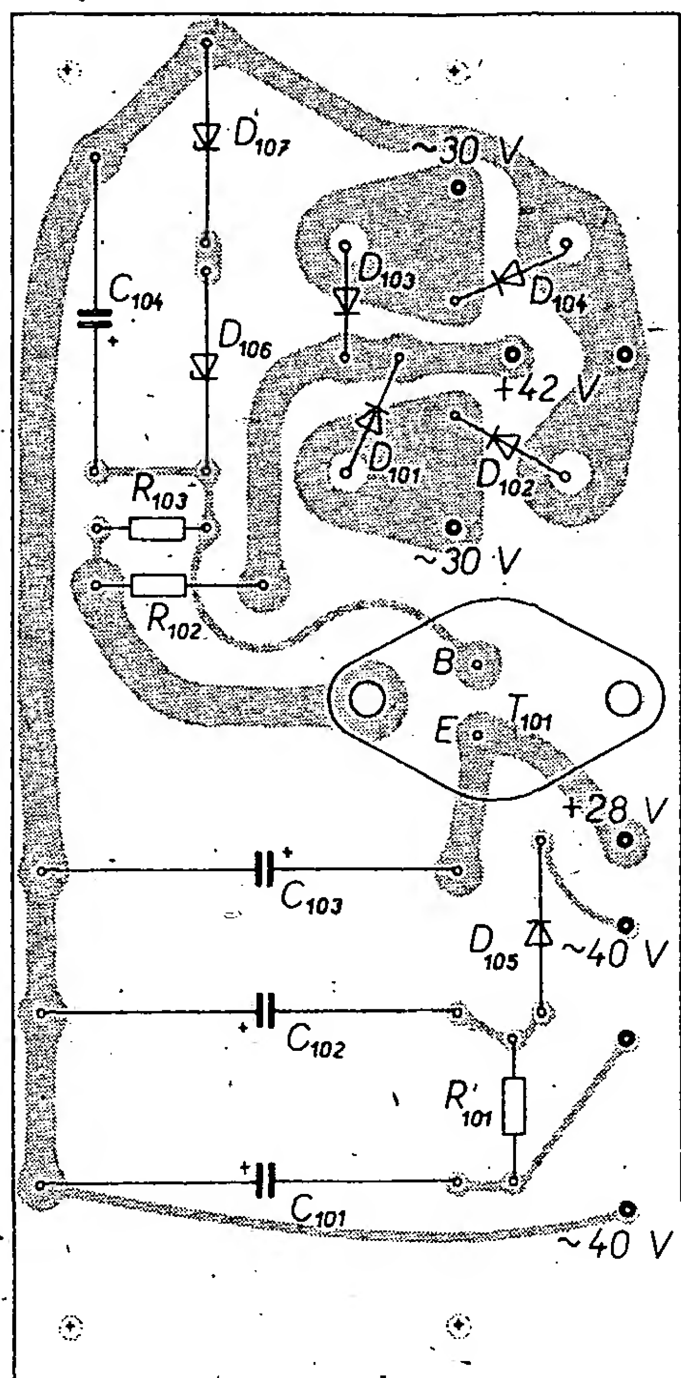
4.6. Zdroj

Zdrojová část obsahuje tři napájecí jednotky. Jsou určeny pro napájení výkonových zesilovačů, pro napájení předzesilovačů a slouží jako zdroj záporného napětí pro logické obvody dekodéru SQ (kapitola 3.2). Zdroj pro výkonové zesilovače je jednoduchý a nestabilizovaný a je tvořen čtyřmi diodami v můstkovém zapojení. Usměrněné napětí je filtrováno kondenzátory C_1 a C_2. Pro napájení napěťových zesilovačů a dekodérů je použit stabilizovaný zdroj obvyklého provedení s výstupním napětím 28 V. Třetí zdroj téhož napětí, avšak záporné polarity, je realizován jednocestným usměrňovačem s jednoduchým vyhlazovacím filtrem. Schéma celého napáječe je na obr. 75, rozmístění součástek na desce s plošnými spoji (na obr. 75 naznačena čárkovaně) je na obr. 76.

Kontrola je jednoduchá. Osazenou desku propojíme s transformátorem a s kondenzátory C_1 a C_2 a pak změříme stejnosměrným voltmetrem jednotlivá napětí, která by měla být v tolerancích ±15 % od jmenovitých napětí. Při měření je ovšem nutno zatížit zdroje příslušnými zatěžovacími odpory. Zdroj s výstupním napětím 42 V zatížíme odporem 470 Ω/6 W, zdroj s výstupním napětím 28 V odporem 220 Ω/6 W a konečně zdroj s výstupním napětím 28 V s opačnou polaritou odporem 10 kΩ/0,5 W.



Obr. 75. Schéma zapojení zdroje



Obr. 76. Deska s plošnými spoji zdroje K231

Diody D_{101} až D_{104} přišroubujeme k desce s plošnými spoji opět pomocí vějířovitých podložek stejným způsobem, jako stabilizační tranzistor. Ten přišroubujeme přímo na desku bez chladicího žebra.

Seznam součástek

Odpory

R_{101}	TR 152, 4,7 kΩ
R_{102}	TR 144, 47 Ω
R_{103}	TR 151, 6,8 kΩ

Kondenzátory

C_1, C_2	TC 937a, 5000 μF
C_{101}	TE 986, 500 μF
C_{102}	TE 988, 200 μF
C_{103}	TE 986, 200 μF
C_{104}	TE 986, 20 μF

Diody

D_{101} až D_{104}	KY708
D_{105}	KY130/150
D_{106}, D_{107}	KZ724

Tranzistor

T_{101}	GD607 (GD608, GD609, AD161)

Síťový transformátor

Jádro EI32x32, plechy tl. 0,35 mm.
Vinutí *1–2* 1100 z drátu o Ø 0,4 mm CuL,
Vinutí *3–4* 170 z drátu o Ø 1 mm CuL,
5–6 190 z drátu o Ø 0,1 mm CuL.
Nejprve se vine vinutí *3–4*, na něj vinutí *1–2* a nakonec *5–6*. Každou vrstvu je třeba prokládat, zvlášť pečlivě je třeba proložit primární a sekundární vinutí, nejlépe teraftalátovou fólií.

4.7. Sestava celého zařízení

Finis coronat opus – tohle staré latinské přísloví už bylo kdysi na stránkách bývalého Radiového konstruktéra vzpomenuto. To, že závěr korunuje dílo, je zvláště důležité u takových výrobků, které umísťujeme v obytných prostorách a u nichž často bývá mnohými více ceněn vzhled než funkce. Průměrný amatérský pracovník obvykle uvede přístroj bez větších potíží do chodu „na prkénku", ale jeho definitivní „učesání" mu mnohdy působí těžko řešitelné potíže.

Aby tomu tak v našem případě nebylo, zvolili jsme co nejjednodušší mechanickou konstrukci. Celý zesilovač je upevněn pomocí distančních sloupků mezi přední a zadní panel, ohnutý do tvaru U pro zpevnění (obr. 77a, b). V původním provedení byly použity panely ze železného plechu tloušťky 1,5 mm, můžeme však stejně dobře použít hliník nebo dural. Do pravé části zadní stěny přišroubujeme nebo přinýtujeme pět pětidutinkových vstupních zásuvek, do levé části pak čtyři zásuvky pro připojení reproduktorových konektorů. Do díry o Ø 18,5 mm našroubujeme držák (pro trubičkovou pojistku) REMOS. Do přední stěny vpravo dole připevníme ještě jednu pětidutinkovou zásuvku pro připojení sluchátek.

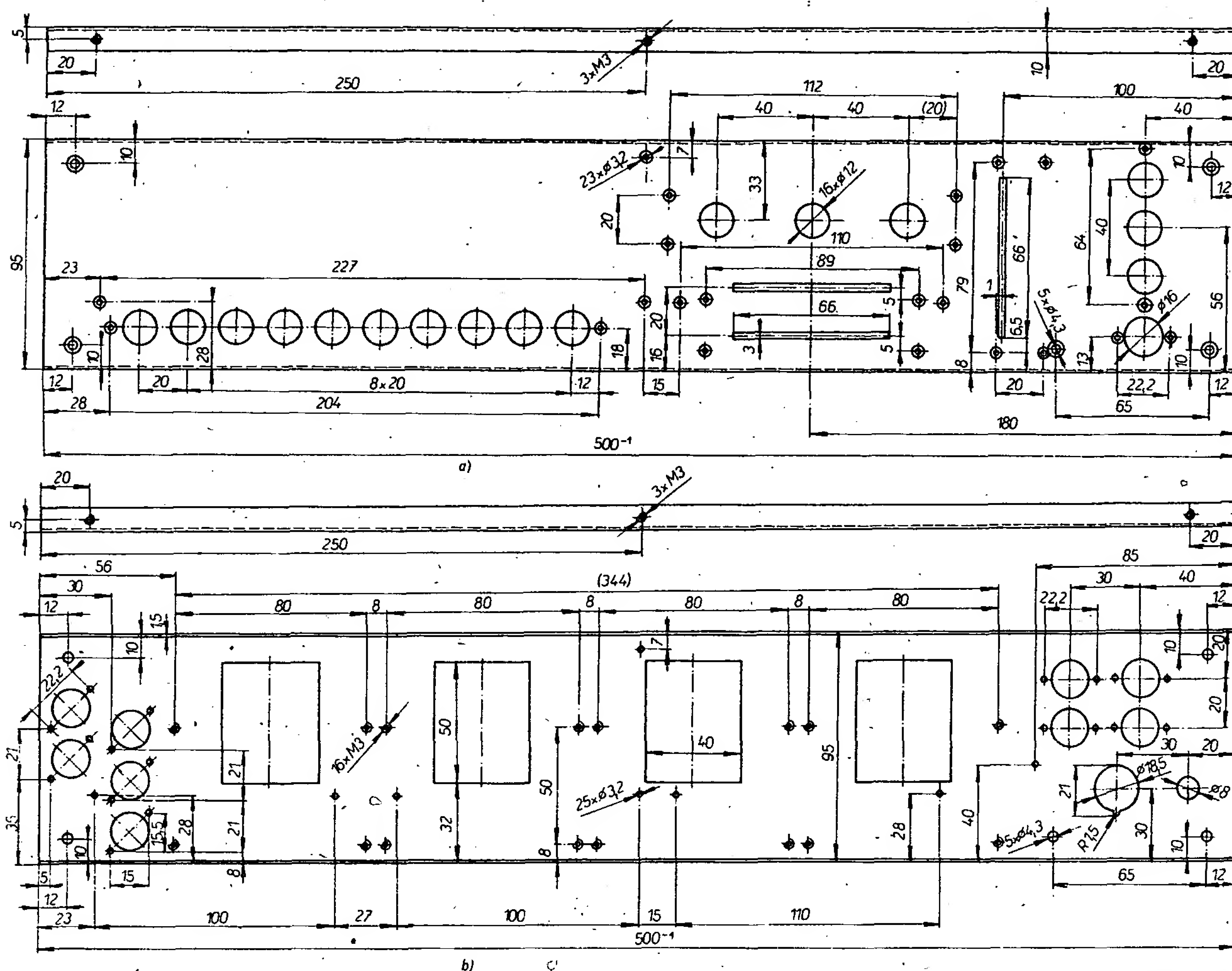
Takto připravené panely spojíme pěti hlavními distančními tyčkami o Ø 10 mm. Při pohledu zpředu jsou v pravém horním rohu s roztečí 65 mm umístěny dvě tyčky, které nesou transformátor (obr. 78a). Ve zbývajících rozích jsou další tři tyčky (obr. 78b), ve kterých jsou díry pro uchycení bočnic a horního víka zesilovače. Při montáži šasi našroubujeme tyčky podle obr. 78 zepředu šroubky M4 × 8 mm se zapuštěnou hlavou a vzadu s válcovou hlavou. Všech pět tyček je orientováno tak, že strana, od níž je první díra vzdálena 15 mm, patří dopředu. Všechny díry v tyčkách jsou orientovány svisle. Dále našroubujeme šrouby M3 × 8 mm, opět zpředu se zapuštěnou a vzadu s válcovou hlavou, pět distančních tyček podle obr. 78c, díry opět svisle, a to dopředu otvorem kótovaným od hrany 85 mm. Do těchto děr přišroubujeme v levé spodní části mezistěnu (obr. 78e) tak, aby její vzdálenost od zadní stěny byla 180 mm. Do dvou děr s roztečí 35 mm v mezistěně a do příslušných děr v zadní stěně našroubujeme dvě poslední distanční tyčky (obr. 78d). Mezistěnu musíme v místě přišroubování k tyčkám podle obr. 78c podložit tak, aby delší i kratší tyčky byly ve stejné rovině. (Použijeme asi 6 mm dlouhou distanční vložku.) Na tyčky s roztečí 110 mm přišroubujeme shora šroubky M3 × 6 mm držák *1* (obr. 79a), a to zcela dozadu na první rozteč 60 mm odzadu, ohybem nahoru. Dále na zadní stěnu a distanční tyčky z obr. 79a přišroubujeme stínicí kryt (obr. 79b), který odděluje prostor síťového transformátoru od ostatního prostoru v zesilovači. Nakonec přišroubujeme k zadní stěně čtyři žebrované chladiče (obr. 79c). Tím je mechanická sestava zesilovače hotova.

Nyní můžeme do prostoru vymezeného stínicím krytem přišroubovat pomocí svorníků M4 síťový transformátor. Svorníky současně stahují jádro transformátoru. Maticemi vyregulujeme výšku transformátoru tak, aby nikde nepřečníval. Potom obrátíme zesilovač „vzhůru nohama" a do žlábku, tvořeného držákem *1* (obr. 79a), položíme kondenzátory C_1 a C_2 vývody dopředu, nejlépe na molitanový pásek tl. asi 10 mm, a shora je (opět pokryté molitanem) přitáhneme držákem 2 (obr. 79d).

K přední straně přišroubujeme za držák tlačítek vstupní zesilovač dvěma šrouby M3 se zapuštěnou hlavou. Mezi držák tlačítek a přední stěnu je třeba na tyto šroubky navléci distanční trubičky, jejichž délka bude určena typem použitých tlačítek. Použijeme-li např. tlačítka z přijímače TESLA 810 A, budou distanční tyčky dlouhé 16 mm. Pomocí stejných šroubků a distančních trubiček přišroubujeme nad konektor k připojení sluchátek dvě tlačítka, síťový spínač a přepínač sluchátek. Lišta tlačítek je určena pro tři tlačítka, použijeme však pouze dvě.

Třetí díra, horní, je určena pro kontrolní žárovku; její velikost upravíme podle použité žárovky. Stejně tak podle použité žárovky upevníme její objímku k liště tlačítek. Žárovka je vhodná trpasličí nebo telefonní, pro napětí 24 V, proud 50 nebo 100 mA. Žárovku napájíme přímo ze sekundárního vinutí transformátoru přes vhodný srážecí odpor.

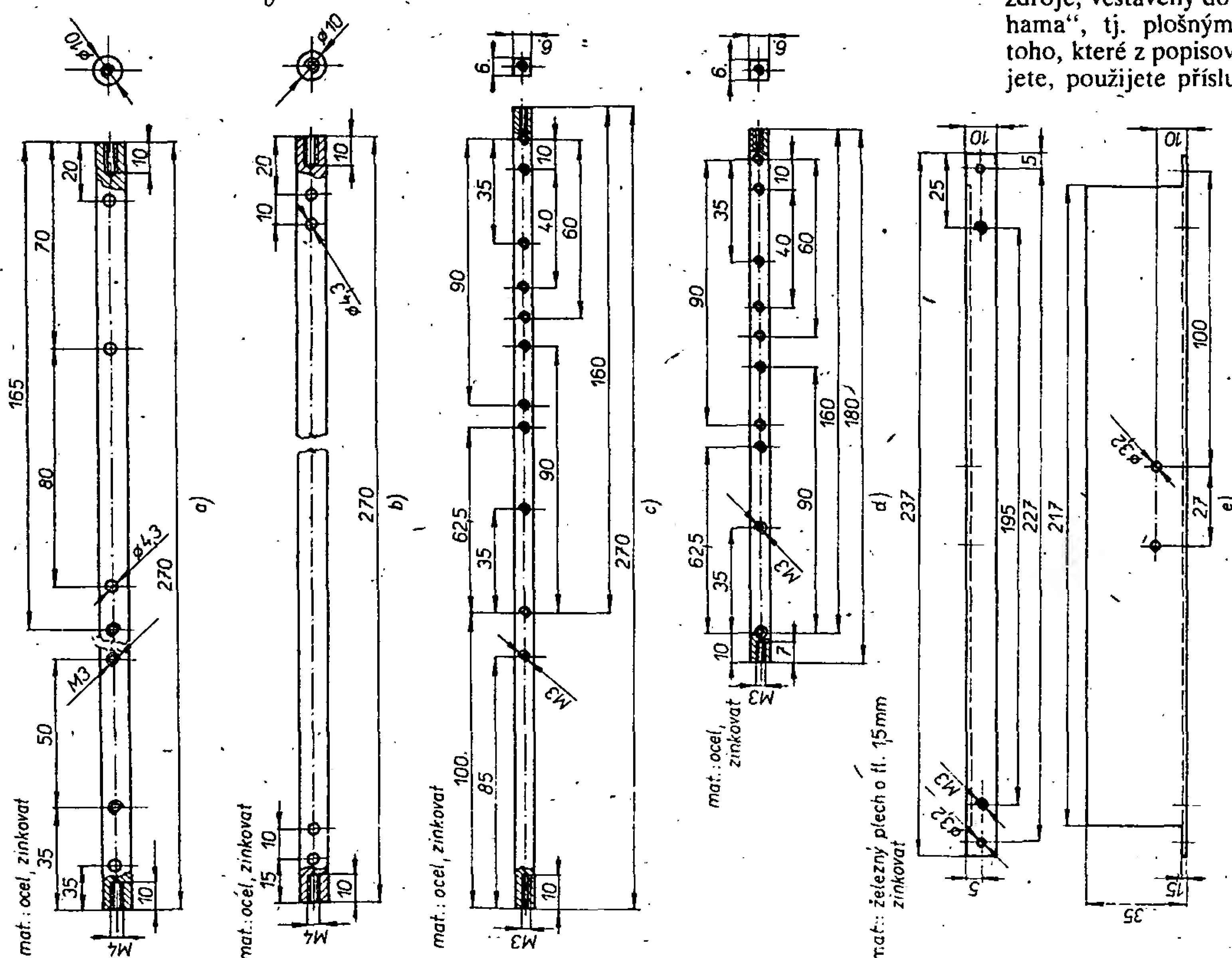
Po připojení všech vodičů k předzesilovači zakryjeme předzesilovač stínicím krytem podle obr. 79e. Kryt přišroubujeme. Směrem zespodu (plošnými spoji nahoru) našroubujeme před kondenzátory C_1 a C_2 desku napájecího zdroje. Jako distanční podložky mezi desku a tyčky můžeme použít trubkové nýty o Ø 3,5 mm, délky 3 mm. Na potenciometry korekcí našroubujeme držák (obr. 79f) a za něj celou desku čtyřmi šrouby M3 se zapuštěnou hlavou přišroubujeme k přední stěně tak, že regulátor hlasitosti bude vlevo



a,b – mat. železný plech tl. 1,5 mm; zinkovat

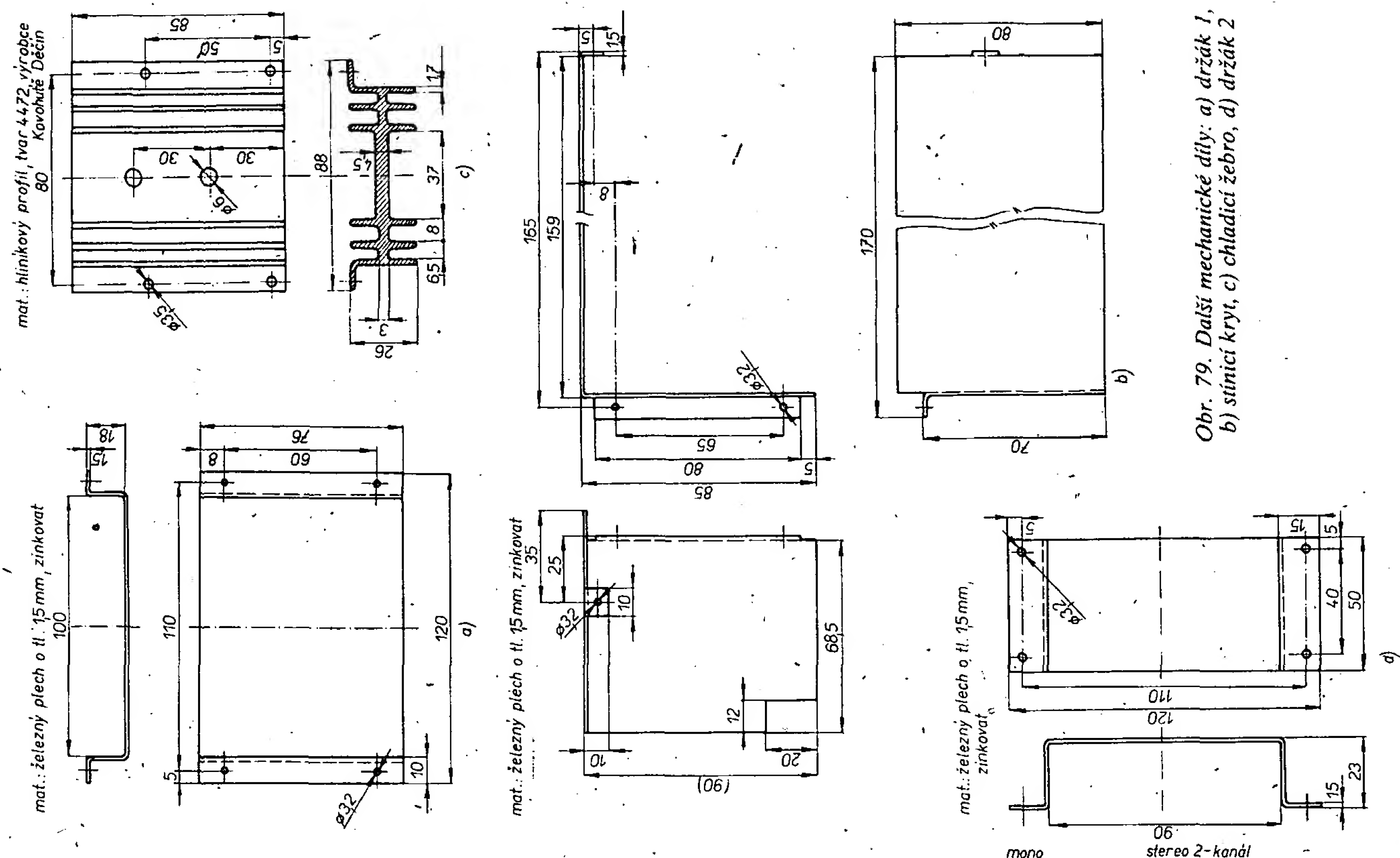
Obr. 77. Přední (a) a zadní (b) panel

Tím je zesilovač, kromě dekodérů, nahrubo sestaven. Pro dekodéry je určen prostor za vstupním zesilovačem, pod výkonovými stupni. Dekodéry jsou, stejně jako deska zdroje, vestavěny do zesilovače „vzhůru nohama", tj. plošnými spoji nahoru. Podle toho, které z popisovaných dekodérů použijete, použijete příslušné upevňovací díry k

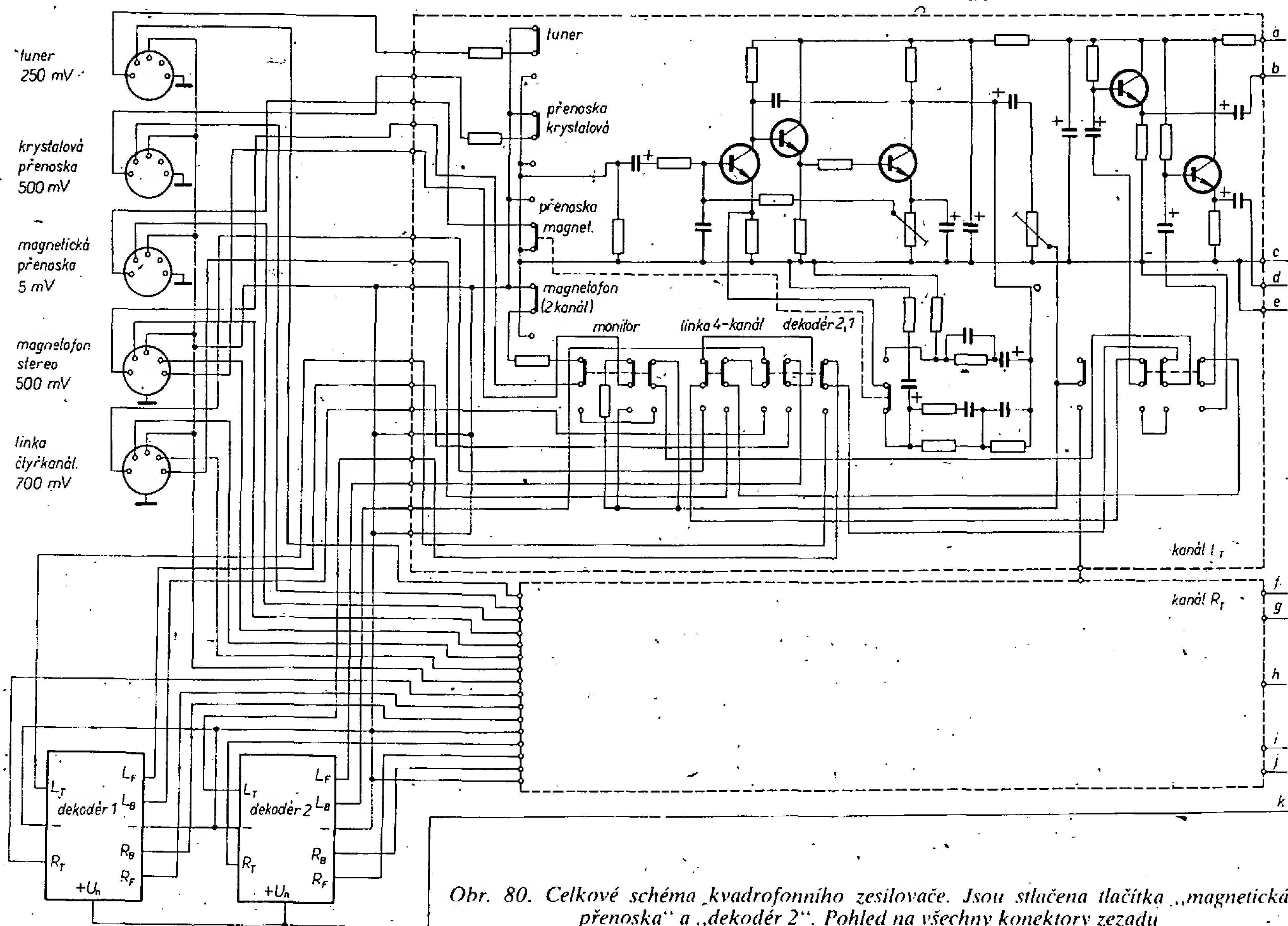


Obr. 78. Distanční tyčky: a) pod transformátor, b) rohová, c) delší, d) kratší; e) mezistěna

(součástky na desce s plošnými spoji jsou směrem nahoru). Hliníkové převáděče tepla s přišroubovanými výkonovými tranzistory (a zesilovači) zasuneme děrami v zadní stěně ke chladicím žebrům a přišroubujeme je zezadu šroubky M4. V místě styku desky s chladiči natřeme styčné plochy opět silikonovou vazelínou.



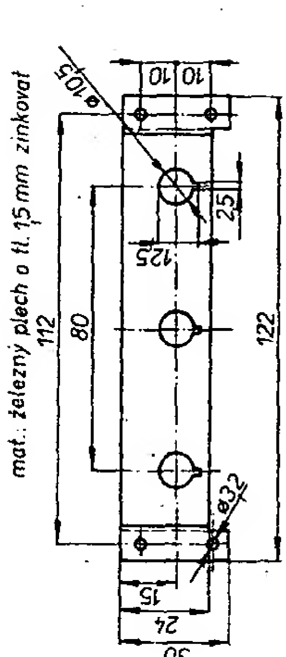
Obr. 79. Další mechanické díly: a) držák 1, b) stínicí kryt, c) chladicí žebro, d) držák 2



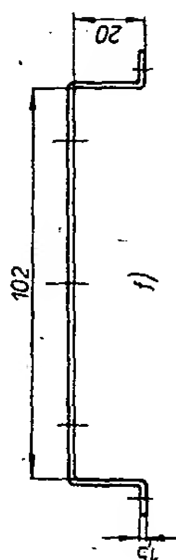
Obr. 80. Celkové schéma kvadrofonního zesilovače. Jsou stlačena tlačítka „magnetická přenoska" a „dekodér 2". Pohled na všechny konektory zezadu

připevnění desek dekodérů. Do přední stěny, pod desku korekcí, přišroubujeme dva tahové potenciometry TP 601, 50 kΩ, lineární. Opět použijeme distanční podložky. Horní potenciometr zapojíme jako balanci přední, spodní jako balanci zadní (P_2, popř. P_3 na obr. 80). Vedle desky korekcí přišroubujeme stejným způsobem dvojitý tahový potenciometr TP 605, obě jeho dráhy jsou opět 50 kΩ/N (lineární), oba běžce jsou spřaženy. Lze použít i běžnější typ TP 610, bude však nutné zhotovit „spřáhlo". Při montáži potenciometru do zesilovače musíme odštípnout jeho pravý spodní roh, který koliduje s tyčkou, nesoucí síťový transformátor. Na funkci potenciometru se tento zásah nijak neprojeví. Potenciometr slouží jako regulátor předozadní balance (P_1 na obr. 80).

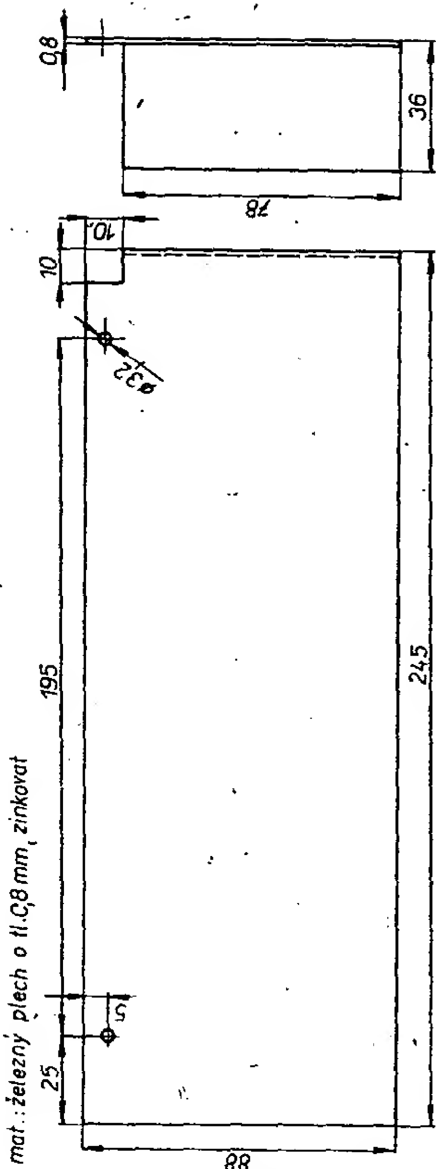
Nyní můžeme konečně celý zesilovač propojit podle schématu na obr. 80. Schéma je kresleno poněkud neobvykle, jsou však na něm všechny propojovací vodiče. Ty je nutno vést tak, jak je to vyznačeno na obrázku. Především si všimneme vedení uzemňovacích vodičů. Ty jsou zvlášť vedeny od zemnicího bodu na kondenzátoru C_1 pouze k výko-

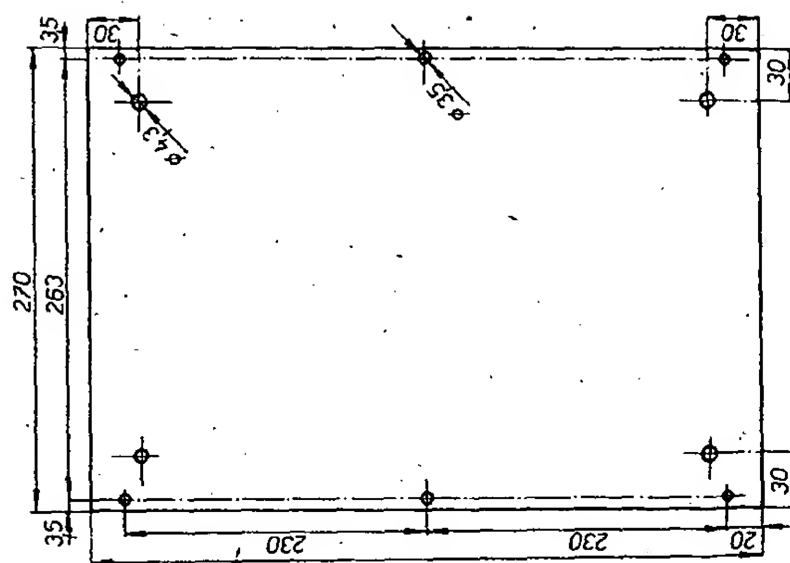


Obr. 79f. Držák potenciometrů

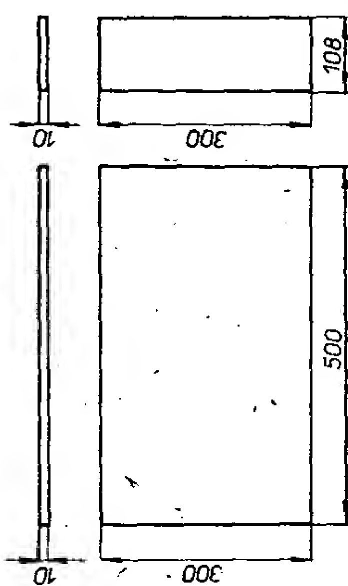


Obr. 79e. Stínicí kryt





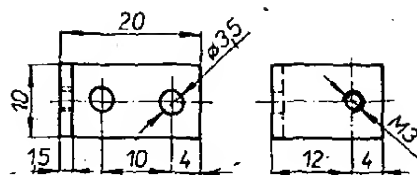
Obr. 81. Dno zesilovače



Obr. 82. Skříňka zesilovače; a) horní víko, b) bočnice (2 ks)

novým zesilovačům, od nich ke vstupům je „zem" vedena pouze stíněním propojovacích vodičů, které používáme k propojení všech napěťově zesilujících částí zesilovače, tj. od vstupu výkonového zesilovače až na vstupní konektory. Zem zesilovače nesmí být nikde spojena s kostrou zesilovače, kromě onoho jediného bodu u kondenzátorů C_1 a C_2. (Pozor při zapojování vstupních konektorů, jejich plášť je uzemněn na kostru!)

Nejprve podle schématu propojíme síťovou část a zdroj. Jako síťový přívod použijeme šňůru s průřezem vodičů min. 0,5 mm². Kdo má možnost vyzkoušet si síťový transfor-



Obr. 83. Úhelník

mátor na elektrickou pevnost (nejméně 2500 V mezi primárním a sekundárním vinutím a mezi primárním vinutím a kostrou), může použít dvoupramennou šňůru. Kdo tuto možnost nemá, musí použít třípramennou šňůru a zemnicí kolík zásuvky spojit s kostrou zesilovače. Pečlivost je v tomto případě namístě – vodič chrání obsluhu zesilovače před případným úrazem elektrickým proudem! Ostatní propojovací vodiče použijeme s izolací PVC nebo pryží (vodiče BGC), a to na primární straně síťového transformátoru s průřezem asi 0,5 mm² a na sekundární alespoň 0,75 mm².

Ke kladnému a zápornému pólu elektrolytických kondenzátorů C_1 a C_2 můžeme nyní připojit napájecí vodiče pro výkonové zesilovače, pro každý zesilovač zvlášť, jak je to zřejmé ze schématu. Nedejte se mýlit tím, že na desce s plošnými spoji je pro dva kanály vždy společná „zem", pro přívod od kondenzátorů k desce je vždy třeba použít tlustší vodiče, proto raději použijeme dva. Opět zvlášť připojíme k zemnicím vývodům výkonových zesilovačů střední vývody příslušných konektorů pro reproduktory. „Živé" vývody (tedy od výstupních kondenzátorů) vedeme na tlačítka a z nich na krajní vývody konektorů (kulaté kolíky). Všechny tyto vodiče mají průřez minimálně 0,75 mm²; z výstupů děličů pro sluchátka vedeme pak spoje ke konektorům pro sluchátka, zde stačí drát o průřezu asi 0,15 mm². Tím je zapojena výkonová část zesilovače.

Dále propojíme signálové cesty a země stíněnými vodiči tak, jak bylo popsáno. Napájecí napětí pro napěťové zesilovače přivedeme ze zdroje vodiči o průřezu 0,15 až 0,5 mm². Je zcela lhostejné, zda přívodní dráty povedete nejkratší cestou, nebo zda je budete svazovat do „stromečku". Na parametry přístroje nemá způsob vedení vodičů žádný vliv.

Zesilovač je tedy v podstatě hotov, zbývá ho proměřit. Zkontrolujeme tedy ještě jednou všechny propojovací vodiče a byly-li všechny funkční díly předem nastaveny, můžeme zesilovač připojit k síti a zapnout.

Stejnosměrným voltmetrem zkontrolujeme nejprve všechna napájecí napětí na jednotlivých deskách. Pak připojíme k zesilovači reproduktorové soustavy a vhodný modulační zdroj (gramofon, magnetofon) a zesilovač vyzkoušíme za provozu, především činnosti tlačítek, potenciometrů apod. Je-li vše v pořádku, můžeme přikročit k závěrečné práci – k definitivnímu měření, popř. nastavení. K zesilovači přišroubujeme provizorně dno, k linkovému vstupu připojíme tónový generátor, na všechny výstupy zátěže. Zmáčkneme tlačítko LINKA, regulátory korekcí nastavíme na střed jejich dráhy, generátor vstupního signálu nastavíme na kmitočet 1000 Hz a jeho výstupní napětí na 600 mV. Budíme současně všechny čtyři vstupy. Výstupní výkon všech čtyř kanálů nastavíme regulátory hlasitosti a balancí na 15 W. Máme-li měřič zkreslení, měříme zkreslení. Pak generátor odpojíme a měříme odstup takto nastaveného zesilovače na všech vstupech, zatížených náhradními odpory. Pro magnetickou přenosku je to odpor asi 680 Ω, pro všechny ostatní vstupy odpor asi 20 kΩ. Odstup celého zesilovače by měl být lepší než 63 dB. U lineárních vstupů bývá odstup obvykle poněkud lepší (v našem případě asi 65 dB). Znovu překontrolujeme činnost všech tlačítek, případně i pomocí signálu z kvadrofonního generátoru, dále můžeme změřit celkovou kmitočtovou charakteristiku všech kanálů, rozsah balancí, korekcí apod. Jestliže však byly jednotlivé funkční celky předem dobře nastaveny podle předpisu, lze většinu z uvedených měření vynechat a zesilovač zkontrolovat pouze hudebním signálem.

Posledním problémem je skříňka. I při její konstrukci (viz fotografie) je odborných prací minimum. Skříňku tvoří tři rovné desky z překližky, dvě bočnice (obr. 82b) a horní víko (obr. 82a). Viditelné hrany a strany upravíme dýhováním, nebo je polepíme samolepicí tapetou. Bočnice i horní kryt mají přesahovat přes přední panel asi o 10 mm, takže se bezpečně „schovají" i drobné nepřesnosti v opracování masky.

Dřevěné díly připevníme k zesilovači tímto způsobem: k bočnicím přišroubujeme krátkými vruty (nebo lépe šrouby do plastické hmoty) vždy čtyři úhelníčky (obr. 83) tak, aby díra ze závitem byla vždy proti jedné z dvojice děr o ∅ 4,3 mm v koncích čtveřice rohových distančních tyček. Bočnice přitom přečnívají přes zadní panel asi o 10 mm, a to dopředu i nahoru. Úhelníky přišroubujeme k bočnicím a ty šrouby M3 × 12 mm přišroubujeme zespodu (zesilovač je bez dna) k šasi. Horní kryt srovnáme přední hranou s bočnicemi a přišroubujeme čtyřmi vruty přes druhé dvojice děr v horních rohových distančních tyčkách. Tím je kryt zesilovače hotov. Při sesazení krytu se vzadu vytvořila asi 3 cm hluboká kapsa, v níž lze schovat přívodní šňůry i konektory, které by jinak nepůsobily příliš esteticky.

Pak nezbývá než přišroubovat dno, do něhož nejprve upevníme čtyři vhodné nožky. Dno přišroubujeme k přednímu i zadnímu panelu krátkými šrouby M3 s válcovou hlavou.

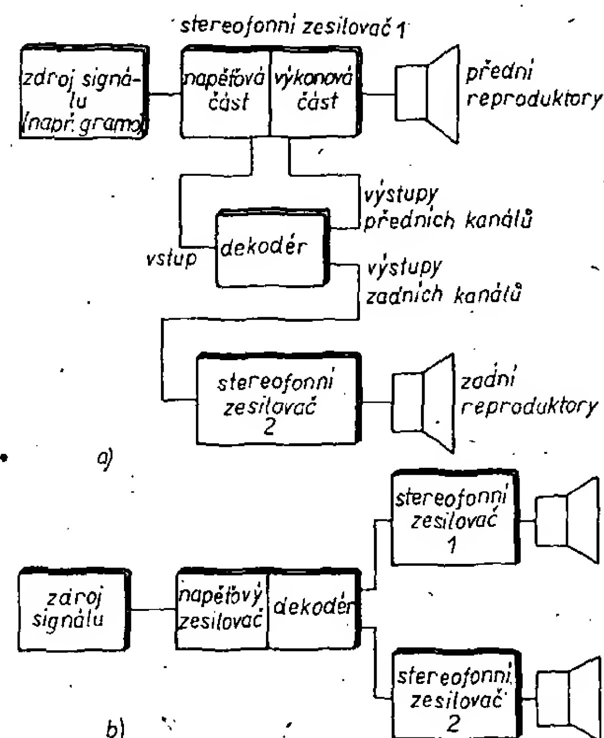
4.8. Jednodušší alternativy-kvadrofonní reprodukce

Jistě ne každý si bude stavět kvadrofonní zesilovač, v neposlední řadě třeba proto, že si postavil nebo koupil zesilovač stereofonní a chce ho využít i pro kvadrofonní reprodukci. I to je možné a v dnešní době, kdy je vlastně kvadrofonie v začátcích, se toto řešení používá velmi často. V principu jde o to, že jsou použity dva stejné, popř. podobné zesilovače, k nimž se vhodným způsobem připojí kvadrofonní dekodér. Pro diskrétní kvadrofonii se toto řešení používá zřídka, u ní totiž nebývá cena výkonových zesilovačů rozhodující položkou v celkových nákladech. U maticové kvadrofonie bývá však toto řešení, především z ekonomických důvodů, vcelku velmi běžné. Na obr. 84 jsou bloková schémata nejběžněji používaných zapojení. Vůbec snad nejčastěji se používá zapojení na obr. 84a, které využívá vstupní, napěťově zesilující části stereofonního zesilovače (např. předzesilovače pro magnetickou přenosku) včetně voliče vstupů. Většina jakostních zesilovačů má obvykle tlačítko „monitor", tj. umožňuje rozpojit cestu signálu mezi vstupní částí zesilovače a částí s regulátory (hlasitosti, korekcí) a vřadit do signálové cesty další funkční blok (např. Dolby). Nemá-li zesilovač tlačítko „monitor", lze ho obvykle jednoduše upravit a tlačítko vestavět dodatečně. Signál musí být ze zesilovače vyveden před všemi regulátory a prvky, které upravují jeho velikost nebo jiné vlastnosti, tj. hned za vstupním zesilovačem (stejně se vyvádí signál pro nahrávání na magnetofon). Z výstupu „monitor" (mívá úroveň asi 0,5 V) lze pak napájet vstupy kvadrofonního dekodéru. Výstupy dekodéru připojíme ke vstupům dvou stereofonních zesilovačů. Jednu dvojici výstupů do toho, v němž využíváme napěťového zesilovače k buzení dekodéru (a to právě za místo, kde jsme původní signálovou cestu přerušili). Druhou dvojici, obvykle zadní, vedeme na vstup dalšího stereofonního zesilovače.

Je nesporné, že při uvedeném uspořádání vznikají komplikace s ovládáním obou zesilovačů. Ovládací prvky předních a zadních kanálů jsou totiž odděleny a musíme je tedy nastavovat samostatně, což nejen komplikuje obsluhu, ale nepříznivě i ovlivňuje jakost reprodukce, protože nikdo nemůže zaručit, že se vždy podaří nastavit např. shodnou kmitočtovou charakteristiku předních i zadních kanálů. Balance obou zesilovačů slouží opět jako balance pro přední a zadní zvukový obraz, zvukový obraz zpředu dozadu je třeba vyvažovat hlasitostí zesilovače pro přední nebo zadní kanály (popř. oběma). To však působí potíže při základní regulaci hlasitosti, při níž je třeba vždy znovu vyvažovat předozadní poměr hlasitosti kanálů. Proto je vhodné vybavit dekodér na výstupu společným regulátorem hlasitosti pro všechny čtyři kanály. Pak slouží regulátory hlasitosti zesilovačů pouze jako předozadní balance.

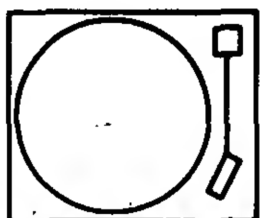
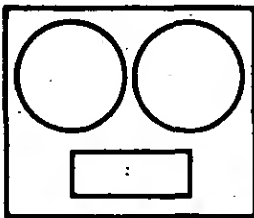
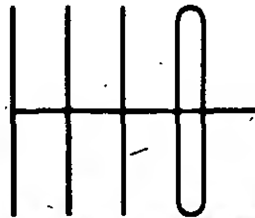
Druhou možností (obr. 84b) je použít samostatný vstupní zesilovač ve spojení s dekodérem. Toto řešení je výhodné tehdy, máme-li k dispozici jednodušší stereofonní zesilovače, které nemají např. vstup pro magnetickou přenosku. Jednotku dekodéru můžeme vybavit více vstupy, aniž by to příliš zvětšilo její složitost. Ovládání je obdobné, jako u předchozí verze.

Od posledně uvedeného řešení je jen krůček ke skutečné kvadrofonní stavebnici. Není totiž již tak příliš složité přidat za dekodér ještě čtyřkanálové korekce a regulátory hlasitosti a vyvážení a kvadrofonně zpracovanými signály budit samostatné, případně do dvojic sdružené výkonové zesilovače bez vlastních ovládacích prvků. Toto řešení poskytuje možnost postupně doplňovat zařízení (nejprve stereofonní, pak kvadrofonní verze); je však dražší než jeden kvadrofonní zesilovač, a to díky většímu počtu napájecích zdrojů (především transformátorů).



Obr. 84. Zapojení pro kvadrofonní reprodukci: se dvěma stereofonními zesilovači a samostatným dekodérem, zakódovaný signál se zesiluje v napěťové části jednoho ze stereofonních zesilovačů a dekodér je buzen z výstupu „monitor" (a); s dekodérem a zvláštním napěťovým zesilovačem, dva stereofonní zesilovače jsou připojeny až k výstupům dekodéru (b)

(Dokončení v AR B/4)

 postavte si  sami  v akci

HIFI-JUNIOR

Chcete si pořídit skutečnou hifi-techniku jednoduše a levně? Podnik ÚV Svazarmu ELEKTRONIKA vám nabízí podrobné stavební návody a hlavní součásti ke stavbě gramofonu, zesilovače a reproduktorových soustav 1. jakostní třídy, které spolu tvoří základní řetěz pro reprodukci gramofonových desek. Stavba nepůsobí potíže ani méně zkušeným, protože všechny přístroje jsou určeny především pro individuální výrobu a ověřeny v mnohatisícové produkci podniku Elektronika.

SG 60 Junior – poloautomatický hifi gramofon 33/45 ot.

Odstup > 43 dB, kolísání < 0,1 %, automatický koncový zvedač přenosky, mechanická volba otáček. Možno stavět tři varianty: nejjednodušší A, vybavenější B a kompletní přístroj C (jak se dodává hotový hifiklubům Svazarmu).

stavební návod SG 60 (Hifi-Junior č. 6)	8 Kčs
univerzální hifi-přenoskové raménko RA 060, použitelné i v jiných přístrojích se samostatným návodem k instalaci	390 Kčs
vnitřní talíř s ložiskem	210 Kčs
vrchní talíř	39 Kčs
synchronní motor SMR 300 s kondenzátorem, řemeničkou a pružinovým závěsem	255 Kčs
základní deska gramofonu	85 Kčs
řemínek	5 Kčs
vážka pro nastavení svislé síly na hrot přenosky	5 Kčs
(další díly podle stavebního návodu na dotaz)	

TW 40 Junior – stereofonní hifi zesilovač 2 × 20 W

Hudební výkon 2 × 35 W, zkreslení < 0,2 %, vstup 2,4 mV pro mag. přenosku, 250 mV pro radio, magnetofon a rezervní vstup. Výstup pro mag. záznam, pro reproduktory 4, 8 i 16 ohmů a pro sluchátka. Kvazi-kvadrofonní přípojka pro zadní reproduktory. Fyziologická regulace hlasitosti, nezávislá regulace basů a výšek, regulátor symetrie, vypínač reproduktorů, přepínače mono/stereo a páskového monitoru.

stavební návod TW 40 (Hifi-Junior č. 4)	6,00 Kčs
spojová deska koncového stupně 720419	65,00 Kčs
spojová deska předzesilovače 730124	52,00 Kčs
spojová deska přepínačů 730820	9,00 Kčs
panel, povrchově upravený, s potiskem	84,00 Kčs
příložka (subpanel)	8,90 Kčs
chladič	75,00 Kčs
rozpěrky	2 ks za 11,50 Kčs
kompletní sada tranzistorů a diod	706,00 Kčs
slídové podložky pod KU 611	10 ks za 7,70 Kčs
slídové podložky pod KD 606	10 ks za 10,00 Kčs
knoflíky K 186 (na Ø 6) a K 184 (na Ø 4)	1 ks za 13,70 Kčs
otočný přepínač vstupů WK 533 36	42,50 Kčs
(další díly na dotaz podle stavebního návodu)	

RS 22 Junior – dvoupásmová hifi reproduktorová soustava do 20 W

Pro věrnou reprodukci hudby v obytných a menších společenských místnostech. Uzavřená levistenová skříň sendvičové konstrukce má účinné vnitřní tlumení mnohobuněčným vzduchovým labyrintem. Povrch je potažen melaminovou krytinou (Umakart) nebo samolepicí tapetou, vpředu je průzvučná přírodní tkanina. Moderní reproduktory Tesla optimálně přizpůsobené elektrickou výhybkou dávají soustavě vlastnosti převyšující požadavky hifi-normy DIN 45 500.

Soustava RS 22/8 o impedanci 8 ohmů je univerzální a hodí se pro všechny magnetofony, přijímače a zesilovače napájené ze sítě i z baterií, monofonní i stereofonní, i jako zadní dvojice pro kvadrofonní nebo čtyřkanálová zařízení. Dvojicí paralelně zapojených soustav uspořádaných na výšku nad sebou, o výsledné impedanci 4 ohmy a dvojnásobné zatížitelnosti, je možno ozvučovat společenské místnosti. Varianta RS 22/4 o impedanci 4 ohmy se hodí jen k těm zesilovačům, které se nepřetíží nízkou zatěžovací impedancí (např. TW 40). Kromě impedance jsou ostatní vlastnosti obou variant RS 22/8 a RS 22/4 zcela shodné.

Max. zatížitelnost hudebním signálem 20 W, kmitočtový rozsah 40 až 16 000 Hz ± 6 dB, dělicí kmitočet 2,5 kHz, vnitřní objem 20 litrů, rozměry 300 × 300 × 520 mm, hmotnost 4 kg (!).

Stavba soustavy RS 22 z nabízených polotovarů je neobyčejně snadná a rychlá, bez vrutů nebo šroubů, všechno se jednoduše lepí. Úplně odpadá náročná a drahá výroba dřevěné skříně, takže čas i náklady jsou podstatně nižší.

RS 20 Junior – třípásmová hifi reproduktorová soustava do 20 W

Má tři reproduktory Tesla a dělicí kmitočty 800 a 8000 Hz. Dvě varianty: RS 20/8 a RS 20/4 o impedanci 8 a 4 ohmy. Až na odlišný rozptyl vysokých tónů jsou vlastnosti a technické údaje prakticky shodné s typem RS 22/4.

RS 21 Junior – citlivá dvoupásmová soustava pro malé výkony do 10 W

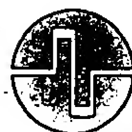
Ideální doplněk pro všechny bateriové a síťové přístroje malého výkonu, které nejsou schopné napájet klasické, méně citlivé hifi reproduktorové soustavy. Připojením RS 21 k běžným kazetovým i cívkovým magnetofonům, přijímačům všech typů a velikostí nebo k některým televizorům se jejich reprodukce pozoruhodně zesílí a celkově zlepší.

Širokopásmový reproduktor Tesla Ø 203 mm může být doplněn vhodným vysokotónovým reproduktorem. Impedance 4 nebo 8 ohmů, kmitočtový rozsah (podle osazení) 70 až 10 000 Hz, resp. 70 až 16 000 Hz ± 6 dB.

stavební návod RS 22 (Hifi-Junior č. 7)	2,00 Kčs
stavební návod RS 20 (Hifi-Junior č. 3)	2,00 Kčs
stavební návod RS 21 (Hifi-Junior č. 1)	2,00 Kčs
dvoudílný výlisek skříně z levistenu	111,00 Kčs
kompletní el. výhybka RS 22/8 nebo RS 22/4	67,00 Kčs
kompletní el. výhybka RS 20/8 nebo RS 20/4	114,00 Kčs
spojová deska 731220 pro výhybku RS 22	15,00 Kčs
spojová deska 730212 pro výhybku RS 20	15,00 Kčs
tlumivka 1 mH (pro RS 22/8) nebo 0,5 mH (RS 22/4)	12,50 Kčs
tlumivka 4 mH (pro RS 20/8) nebo 2 mH (RS 20/4)	28,40 Kčs
přední deska s otvory	33,00 Kčs
průzvučná tkanina 550 × 450 mm	7,00 Kčs
tlumicí fólie (3 m²)	5,00 Kčs
sada potahových desek na jednu skříň (2 + 2 ks), Umakart, 1. jakost	78,00 Kčs

(reproduktorové systémy a další díly podle stavebního návodu na dotaz)

Prodejna a zásilková služba podniku ELEKTRONIKA dodávají uvedené součásti za hotové přes pult nebo poštou na dobírku, pokud zásoba stačí. Zákazníky prosíme o trpělivost v případě, že některé položky jsou pro mimořádný zájem přechodně vyprodány. Z nových dodávek vám je pošleme později, ale jen na základě vaší nové objednávky. Běžné elektrické součástky a pomocný materiál máme jen výjimečně ve speciálních sadách. Jednotlivě je prodávají specializované prodejny podniků Domácí potřeby nebo OP Tesla. Dotazy na zboží vám doporučujeme vyřizovat pokud možno osobně, event. telefonicky nebo telexem, protože stále stoupající rozsah korespondence přesahuje naše současné možnosti. Děkujeme vám za pochopení a těšíme se na spolupráci. Ve stavbě přístrojů Hifi-Junior vám přejeme hodně zdaru.



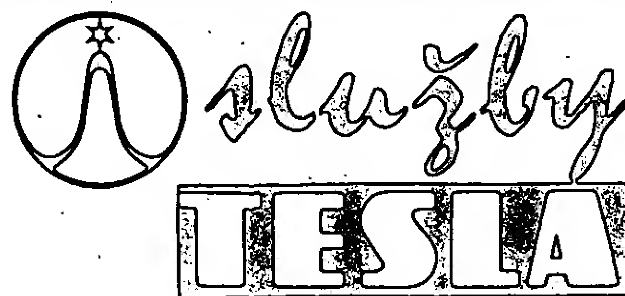
ELEKTRONIKA

podnik ÚV Svazarmu
Ve Smečkách 22, 110 00 Praha 1

Radioamatérům, kutilům

i profesionálům

dodáme ihned



INTEGROVANÉ OBVODY

Nejen profesionálové, ale i moderní radioamatéři a kutilové – elektronici, drží krok se světovým vývojem. Proto ve svých výrobcích nahrazují tradiční elektronické prvky

INTEGROVANÝMI OBVODY (IO).

Vždyť takový IO, který je třeba menší než kostka cukru, může současně plnit řadu funkcí, např. kondenzátorů, transformátorů a mnoha dalších prvků, které by jinak zabraly místo jako celá krabice od cukru! Pokročilejší radioamatér dokáže na bázi IO sestrojit i výkonný stereozesilovač o výkonu 2 × 20 W, který není o mnoho větší než domácí balení zápalek.

Využijte nabídky integrovaných obvodů s možností tohoto využití:

+ LOGICKÉ OBVODY TTL (hradla a klopné obvody)

+ LINEÁRNÍ OBVODY (zesilovače ss, nf, mf, operační a diferenciální)

+ OBVOD PRO ZDROJE LADICÍHO NAPĚTÍ kanálových voličů televizorů.

Jinak je v nabídce TESLY také výběr tranzistorů, diod, elektronek, televizních obrazovek a víceúčelového materiálu.

Pro jednotlivce i organizace odběr za hotové i na fakturu:

– ve značkových prodejnách TESLA (v Praze 1 jsou to zejména Dlouhá 15, Dlouhá 36 a Martinská 3).

– na dobírku od Zásilkové služby TESLA, Moravská 92, PSČ 688 19 Uherský Brod.

– podle dohody s Oblastními středisky služeb TESLA: pro Středočeský, Jihočeský, Západočeský a Východočeský kraj – OBS TESLA Praha 1, Karlova ul. 27, PSČ 110 00, tel. 26 21 14; pro Severočeský kraj – OBS TESLA Ústí n. L., Pařížská 19, PSČ 400 00 tel. 274 31; pro Jihomoravský kraj – OBS TESLA Brno, Františkánská 7, PSČ 600 00 tel. 259 50; pro Severomoravský kraj – OBS TESLA Ostrava, Gottwaldova 10, PSČ 700 00 tel. 21 34 00; pro Západoslovenský kraj – OBS TESLA Bratislava, Karpatská 5, PSČ 800 00 tel. 442 40; pro Středoslovenský kraj – OBS TESLA Banská Bystrica, Malinovského 2, PSČ 974 00 tel. 255 50; pro Východoslovenský kraj – OBS TESLA Košice, Luník I, PSČ 040 00 tel. 362 32.

TESLA obchodní podnik